

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DE LAS AMÉRICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para un
parque de tecnología ambiental**

NOMBRE DEL AUTOR

Jeffry Andrés López Garita

San José, diciembre de 2017

Contenido

1	Lista de ilustraciones.....	xiii
2	Lista de tablas.....	xv
3	Resumen ejecutivo.....	xvii
4	Introducción.....	1
4.1	Título del proyecto final de graduación.....	2
4.2	Planteamiento del problema en estudio.....	2
4.3	Justificación.....	3
4.4	Objetivos de la investigación.....	4
4.4.1	Objetivo general.....	4
4.4.2	Objetivos específicos.....	4
4.5	Alcances.....	5
4.6	Limitaciones.....	5
4.7	Antecedentes.....	6
4.7.1	Tesis número uno.....	6
4.7.2	Tesis número dos.....	8
4.7.3	Tesis número tres.....	10
5	Capítulo I: Marco teórico.....	12
5.1	Concepto de mantenimiento.....	12

5.2	Tipos de mantenimiento	13
5.2.1	Mantenimiento correctivo	13
5.2.2	Mantenimiento preventivo	13
5.2.3	Mantenimiento predictivo	13
5.2.4	Mantenimiento cero horas.....	14
5.2.5	Mantenimiento en uso.....	14
5.3	Lista de equipos.....	15
5.4	Codificación de los equipos	17
5.5	Indicadores de mantenimiento.....	19
5.5.1	Indicador de disponibilidad.....	19
5.5.2	Tiempo medio entre averías.....	19
5.5.3	Índice de cumplimiento de panificación.....	20
5.5.4	Índice de mantenimiento programado.....	20
5.5.5	Índice de mantenimiento correctivo.....	20
5.6	Lubricación de rodamientos.....	21
5.6.1	Relubricación con grasa.....	21
5.6.2	Cantidad de grasa inicial	24
5.6.3	Intervalos de engrase.....	24
5.7	Definición del término lixiviado.....	27

6	Capítulo II: Diagnóstico	28
6.1	Generalidades sobre el funcionamiento del Parque de Tecnología Ambiental Aserrí	28
6.1.1	Sistema de depósito del desechos.....	28
6.1.2	Sistema de manejo y transporte de lixiviados.	29
6.2	Descripción de los equipos y su funcionamiento	32
6.2.1	Estaciones de bombeo.....	32
6.2.2	Plantas de emergencia.....	36
6.2.3	Equipos de aireación.....	37
6.2.4	Bombas sumergibles.....	40
6.2.5	Mezcladores.....	40
6.3	Descripción del mantenimiento aplicado actualmente a los equipos del Parque de Tecnología Ambiental.Aserrí	42
6.3.1	Descripción de puestos y funciones.	42
6.3.2	Labores de mantenimiento.....	44
6.4	Uso de repuestos y consumibles	52
7	Capítulo III: Marco metodológico.....	53
7.1	Método.....	53
7.2	Tipo de investigación	53

7.2	Fuentes de información	54
7.2.1	Fuentes primarias.	54
7.2.2	Fuentes secundarias.....	54
7.3	Variables.....	54
7.3.1	Definición conceptual	54
7.3.2	Definición instrumental	55
7.4	Descripción de los instrumentos.	55
8	Capítulo IV: Desarrollo	56
8.1	Diagnóstico de la situación actual.....	56
8.1.1	Definición del proyecto por diseñar o problema por solucionar.	56
8.1.2	Consultas al personal técnico sobre el mantenimiento preventivo y correctivo.....	57
8.1.3	Recolección de información técnica y detalle de necesidades.....	61
8.2	Solución del problema	68
8.2.1	Codificación de equipos.	69
8.2.2	Cálculos de lubricación de rodamientos.....	71
8.2.3	Elaboración de boletas de mantenimiento	75
8.2.4	Plan anual de implementación	96
8.2.5	Procedimiento de análisis de equipos dañados. (<i>Análisis postmortem</i>).	

8.2.6	Indicadores de mantenimiento	107
9	Análisis de resultados	108
10	Conclusiones.	112
11	Recomendaciones	115
12	Bibliografía y otras fuentes.....	116
13	Anexos	117
13.1	Ficha técnica de rodamientos.....	117
13.2	Ficha técnica aireadora	119
13.3	Ficha técnica de bombas sumergibles.....	121
13.4	Ficha técnica de bombas de estaciones de bombeo.....	124
13.5	Ensamble y partes de la bomba VS3A60-B.....	126
13.6	Ensamble y partes de aireadores	130
13.7	Ensamble y partes de mezcladores.....	132

1 Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Ejemplos de distribución de listas de equipos. Fuente: Santiago García Garrido	16
Ilustración 2 Ejemplo de asignación de código de equipo. Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16.....	17
Ilustración 3 Ejemplo de asignación de código de elemento.....	17
Ilustración 4 Fórmula matemática para el indicador de disponibilidad. Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16.....	19
Ilustración 5 Fórmula matemática para el indicador del tiempo entre averías.	19
Ilustración 6 Fórmula matemática para el indicador del tiempo entre averías. Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16.....	20
Ilustración 7 Fórmula matemática para el indicador de IMP. Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16	20
Ilustración 8 Fórmula matemática para el indicador del IMC	21
Ilustración 9 Cálculo de la cantidad de grasa aplicable en cada engrase	23
Ilustración 10 Fórmula para el cálculo de la grasa inicial	24
Ilustración 11 Gráfico de intervalos de lubricación	26
Ilustración 12 Construcción de celda de depósito.....	29
Ilustración 13 Sistema de manejo y transporte de lixiviados.....	31

Ilustración 14 Estación de bombeo uno	33
Ilustración 15 Estación de bombeo dos.	34
Ilustración 16 Panel de control de Bomba VS3A-60B.....	35
Ilustración 17 Planta de emergencia estación de bombeo numero uno.....	37
Ilustración 18 Balsa utilizada para la ejecución de mantenimientos.	38
Ilustración 19 Aireador en funcionamiento.....	39
Ilustración 20 Panel de control de aireadores.....	39
Ilustración 21 Cilindro de mezclados obstruido.....	41
Ilustración 22 Rutina de mantenimiento de estaciones de bombeo	47
Ilustración 23 Rutina de mantenimiento de estaciones de bombeo	48
Ilustración 24 Rutina de mantenimiento para equipos de aireación parte 1	49
Ilustración 25 Rutina de mantenimiento para equipos de aireación parte 2.....	50
Ilustración 26 Cronograma de mantenimiento del año 2017 parte 1.....	51
Ilustración 27 Cronograma de mantenimiento del año 2017, parte 2.....	51
Ilustración 28 Cálculo de intervalo de engrase de rodamientos de aireadores.	73
Ilustración 29 Ejemplo de encabezado y asignación de código de equipo	76

2 Lista de tablas

Tabla 1 Tareas de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico de estaciones de bombeo.....	58
Tabla 2 Tareas de mantenimiento realizadas según consulta a personal técnico para aireadores.....	58
Tabla 3 Tareas de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico de bombas sumergibles.....	59
Tabla 4 Tareas de mantenimiento realizadas según consulta a personal técnico para mezclador.....	59
Tabla 5 Tareas de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico de generadores.....	60
Tabla 6 Programa de mantenimiento de la bomba VS3A60-B.....	62
Tabla 7 Programa de mantenimiento de motores de estaciones de bombeo	63
Tabla 8 Programa de mantenimiento de aereadores según el fabricante	64
Tabla 9 Programa de mantenimiento del mezclador según el fabricante.....	65
Tabla 10 Programa de mantenimiento para bomba sumergible HCP.....	66
Tabla 11 Revisión general de la bomba sumergible HCP.....	66
Tabla 12 Inspección de mantenimiento de la bomba sumergible HCP.....	67
Tabla 13 Tabla de elaboración de códigos para equipos.....	69
Tabla 14 Tabla de elaboración de códigos para elementos.....	70
Tabla 15 Boleta de mantenimiento de aireadores 1.....	77
Tabla 16 Boleta de mantenimiento de aireadores 2.....	78
Tabla 17Boleta de mantenimiento de aireadores 3.....	79

Tabla 18 Boleta de mantenimiento de aireadores 4.....	80
Tabla 19 Boleta de mantenimiento de aireadores 5.....	81
Tabla 20 Boleta de mantenimiento de aireadores 6.....	82
Tabla 21 Boleta de mantenimiento de Mezclador 1	83
Tabla 22 Boleta de mantenimiento de Mezclador 2	84
Tabla 23 Boleta de mantenimiento de Mezclador 3	85
Tabla 24 Boleta de mantenimiento de Mezclador 4	86
Tabla 25Boleta de mantenimiento de Mezclador 5	87
Tabla 26 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 1	88
Tabla 27 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 2	89
Tabla 28 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 3	90
Tabla 29 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 4	91
Tabla 30 Boleta de mantenimiento de bomba sumergible 1	92
Tabla 31 Boleta de mantenimiento de bomba sumergible 2	93
Tabla 32 Boleta de mantenimiento de Generadores.....	94
Tabla 33 Boleta de mantenimiento de paneles de control	95
Tabla 34 Plan anual de mantenimiento de enero a abril	97
Tabla 35 Plan anual de mantenimiento de mayo a agosto	98
Tabla 36 Plan anual de mantenimiento de setiembre a diciembre.....	99
Tabla 37 Resumen de duración de actividades.	100
Tabla 38 Cantidad de tiempo anual requerido para las actividades de mantenimiento	102
Tabla 39 Ejemplo de toma de datos, análisis y causas de falla de mezclador	107

3 Resumen ejecutivo

El estudio realizado consistió en el diseño de un plan de mantenimiento para uno de los parques de tecnología ambiental perteneciente a la empresa EBI de Costa Rica, empresa dedicada al tratamiento de desechos y residuos sólidos.

Como punto de inicio se realizó una serie de visitas a la empresa para conocer la situación actual de la gestión de mantenimiento y la estructura del manejo de desechos, así como adquirir conocimiento de las funciones y características de los equipos. También se realizaron entrevistas con el personal técnico y de jefatura, esto último con el fin de tener un diagnóstico de los procesos actuales.

Se inicia un proceso de toma de datos de las características técnicas y de los datos del fabricante de los equipos, así como de los cálculos relacionados con los elementos mecánicos de las máquinas. Esto con la finalidad de reunir la información necesaria para la elaboración de rutinas de mantenimiento con sus frecuencias y duración.

4 Introducción

El mantenimiento en la industria actual tiene la función de mantener la vida útil del equipo y de que se le puedan hacer mejoras, por lo que una correcta gestión aumentará la eficiencia de la empresa y podrá disminuir los costos.

La utilización de un plan de mantenimiento aumenta la fiabilidad en los equipos por medio de diversos tipos de mantenimiento y un estudio adecuado de cada máquina y elemento, por lo cual es una herramienta indispensable para cualquier empresa.

Los planes de mantenimiento se diseñan y aplican diferentemente en cada empresa según las diferencias en aspectos como producción, tipo de personal, costos, gastos y objetivos de la jefatura. Por eso es que generar un plan de mantenimiento e implementarlo puede ser una tarea de años para poder ver los resultados que se esperan, aparte de que debe estar en constantes actualizaciones.

4.1 Título del proyecto final de graduación

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para un parque de tecnología ambiental.

4.2 Planteamiento del problema en estudio

¿Cuál es el plan de mantenimiento preventivo más adecuado para los equipos de bombeo y aireación de la planta de tratamiento de lixiviados de la empresa EBI de Costa Rica, S.A., ubicada en el Huazo de Aserri?

4.3 Justificación

Los parques de tecnología ambiental son centros en los cuales se deposita y procesa todo tipo de desechos. Estos producen líquidos y gases al descomponerse, los cuales tienen que ser tratados para evitar daños ambientales.

El tratamiento de estos líquidos y gases está vinculado con una serie de sistemas y equipos que necesitan estar en operación continua. El hecho de que estos equipos fallen repentinamente puede producir un daño ambiental irreparable.

Para que el sistema de tratamiento se mantenga en plena disposición de uso es indispensable un plan de mantenimiento preventivo.

Ante las necesidades actuales de la empresa se elaborará un plan de mantenimiento y mejoras según las condiciones operativas de los equipos. Esto con el fin de garantizar un adecuado desempeño y eficacia de la gestión de mantenimiento actual.

En Costa Rica las empresas, los hospitales, las urbanizaciones, los apartamentos y los sistemas de desechos tienen la obligación legal de tener una planta de tratamiento de aguas residuales, y esto crea la necesidad de generar planes y sistemas de mantenimiento complejos para tener un funcionamiento constante de los sistemas.

4.4 Objetivos de la investigación

4.4.1 Objetivo general

Efectuar el plan de mantenimiento preventivo más adecuado para los equipos de bombeo y aireación de la planta de tratamiento de lixiviados de la empresa EBI de Costa Rica, S.A., ubicada en el Huazo de Aserrí.

4.4.2 Objetivos específicos

- a. Definir puntos de mejora en la gestión actual del mantenimiento a partir de información recopilada sobre las actividades actuales.
- b. Identificar a cada uno de los equipos de la empresa según sus datos de placa y la información de la empresa EBI de Costa Rica, S.A. sobre duración, frecuencia y actividades de mantenimiento.
- c. Conocer sobre el funcionamiento de los equipos mediante el registro de la información suministrada por el fabricante.
- a. Definir la frecuencia y la duración de las actividades según normas y estándares de la empresa y del fabricante.
- d. Especificar los costos en repuestos, consumibles y mano de obra del personal técnico del área de mantenimiento.
- e. Generar una lista de códigos para una correcta identificación de cada equipo.

- f. Establecer el sistema de información, incluidos los indicadores de gestión necesarios para asegurar la efectividad y el control del plan propuesto, y crear fichas históricas, de registro y de inspección.
- g. Crear un procedimiento de análisis de equipos que hayan fallado y con esto generar información útil para la modificación de tareas de mantenimiento.

4.5 Alcances

Como alcances de este trabajo se entregará:

- a. Un documento en el que se diseñe un plan de mantenimiento preventivo para la empresa EBI de Costa Rica, S.A.
- b. Un informe de los puntos de mejora de corto y largo plazos.
- c. Un cronograma de frecuencia de labores por realizar durante el mantenimiento preventivo y sobre las labores por realizar en cada mantenimiento.

4.6 Limitaciones

La principal limitación fue la escasa información registrada en el Departamento de Mantenimiento de la empresa, ya que no cuenta con un registro de datos continuos.

La empresa no suministra información sobre costos y gastos del departamento de mantenimiento y repuestos.

4.7 Antecedentes

4.7.1 Tesis número uno

Autor: Luis Carlos Cruz Huertas

Año: 2004

Institución: Universidad Internacional de las Américas.

Título: Diseño de un modelo de mantenimiento preventivo para una flota de transporte pesado.

El autor Luis Carlos Cruz plantea como objetivo del proyecto diseñar e implementar un modelo de mantenimiento preventivo para cabezales en la empresa Transportes HyH, S.A., que permita la estandarización del mantenimiento de unidades y mejorar su rendimiento en el trabajo diario. Además, se propone determinar de qué manera se realiza el mantenimiento de los equipos de trabajo, y determinar si los tipos de repuestos, lubricantes y equipos de trabajo en el taller son los más indicados. También se propone clasificar las diferentes operaciones de mantenimiento preventivo que existen en el taller mecánico, determinar los costos de implementación del modelo de mantenimiento preventivo para los cabezales Century Class, según su programa de mantenimiento; y diseñar un procedimiento para que el jefe de taller controle al personal y a las unidades por medios computarizados y electrónicos. También se plantea el estudio de los lubricantes para establecer métodos de prueba por realizar en el taller sobre el estado del aceite y la grasa, y generar las observaciones pertinentes.

Los pasos para realizar el mantenimiento preventivo en el presente antecedente se plantean de la siguiente manera:

- a. Definir a cuál equipo hay que aplicarle el mantenimiento preventivo.
- b. Conocer el equipo
- c. Formar un archivo técnico
- d. Definir las actividades
- e. Estudiar la necesidad de repuestos y materiales
- f. Evaluar la necesidad de capacitación y entrenamiento
- g. Definir la frecuencia de las actividades
- h. Programar los trabajos
- i. Crear un modelo de redes de bloques
- j. Tipos de documentos
- k. Crear una ficha histórica.

En el apartado de programaciones preventivas el autor establece tiempos definidos para cada operación, por lo cual el tiempo estimado de la estadía del equipo en el taller es un tiempo programado según la revisión por realizar.

Se hace énfasis en las programaciones preventivas ya que estas deben ser atendidas en el instante en el que la unidad ingresa al taller, debido a que tienen una menor duración que las correctivas. Además, se tiene conocimiento de qué es lo que hay que hacer.

4.7.2 Tesis número dos

Autor: Eimer Alfaro Murillo

Año: 2007

Institución: Universidad Internacional de las Américas

Título: Diseño de un programa de mantenimiento preventivo en el ingenio de Coopevictoria.

El ingeniero Eimer Alfaro Murillo diseña un programa de mantenimiento preventivo para el área N.º 1 de máquinas hidráulicas en el Ingenio Coopevictoria, R.L., ubicado en el distrito de San Isidro, en el cantón de Grecia. Además, realiza un estudio previo de la situación del mantenimiento en el área de máquinas hidráulicas de dicha empresa, de manera que se pueda analizar el estado actual. Así podrán hacerse recomendaciones de mejoras y seleccionar los equipos que formarán parte del programa de mantenimiento, para luego investigar sobre el estado de cada máquina; determinar la información técnica de los equipos para formar una biblioteca técnica adecuada y ampliar los conocimientos generales y específicos de cada máquina; lo mismo que elaborar un manual de codificación propio de cada máquina. Se asegura de esa manera una fácil ubicación dentro del área de funcionamiento, y también se diseña un manual de mantenimiento preventivo con el fin de controlar y efectuar inspecciones o trabajos específicos que deberán realizarse periódicamente.

El autor determinó que una de las debilidades del sistema de mantenimiento actual es la desactualización o carencia de un inventario técnico completo, que incluya la valoración del estado actual del equipamiento y la infraestructura y que

lleve el control de los diferentes equipos que componen el área. Se requiere tener un archivo en el cual se describan completamente todos los datos del equipo, como: ubicación exacta, nombre del equipo, código, marca, número de serie, modelo, fabricante del equipo, documentación técnica disponible, tipo de alimentación, vida útil, costo de compra, costo de instalación, responsable del equipo, estado físico en el momento de la evaluación, estado operacional, causas de irregularidad o inactividad, tipo del personal que atiende el equipo, costo de mantenimiento mensual y anual. Es lo que no ha permitido el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo. Además, se encontró que no existen todos los manuales para cada uno de los equipos pues únicamente existen 12 manuales.

4.7.3 Tesis número tres

Autor: Mauricio Pérez Briceño

Año: 2002

Institución: Universidad Internacional de las Américas

Título: Diseño de un programa de mantenimiento preventivo de los tanques de almacenamiento de producto limpio de la Refinadora Costarricense de Petróleo.

El objetivo de esta tesis es diseñar un plan de mantenimiento preventivo de los tanques de almacenamiento del producto limpio de Recope que cumpla con la norma API-575. El autor se propone aplicar los requerimientos establecidos en la norma para el mantenimiento de los tanques, comparar los requerimientos del actual programa de mantenimiento preventivo con los indicados en la norma; además de definir la frecuencia, los recursos y los métodos necesarios para la correcta aplicación del programa de mantenimiento preventivo.

Dentro de los aspectos más importantes de este proyecto se destacan las etapas que se deben seguir para el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo y la formación del archivo técnico:

- a. Elegir el equipo al cual hay que darle mantenimiento preventivo
- b. Conocer el equipo
- c. Formar un archivo técnico
- d. Definir las actividades

Para el análisis de este proyecto el autor lo primero que hace es seleccionar el equipo que formará parte del mantenimiento preventivo. Esto con el fin de visualizar la cantidad de tanques y específicamente en este proyecto para aplicarle

la rutina del mantenimiento posteriormente. El autor procede a escoger el equipo para el que recopilará información sobre los tanques almacenadores de combustible, por ejemplo: quién es el fabricante del equipo, si tiene algún representante en el país, cuál es su historial en relación con las averías; si se le han efectuado mejoras o modificaciones a las condiciones de operación e instalación inicial.

En la formación del archivo técnico, una vez que se ha recopilado toda la información necesaria es importante tener actualizados todos los planos, tanto mecánicos y eléctricos como civiles; además de instaurar un procedimiento en el que se garantice que cada cambio en las condiciones de diseño será registrado debidamente.

Es importante recalcar que en las conclusiones se menciona que una de las principales carencias del programa de mantenimiento preventivo actual es no incluir una ficha de inspección de mantenimiento interno de los tanques. Esto debido a que para darle mantenimiento interno a un tanque este se tiene que sacar de servicio por un tiempo no menor a dos meses, lo que representa un problema para Recope, ya que es sumamente difícil contar con un tanque por tanto tiempo debido a la cantidad de combustible que se transporta y almacena cada día.

5 Capítulo I: Marco teórico

5.1 Concepto de mantenimiento

Se define habitualmente mantenimiento como “el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.”¹

El mantenimiento tiene como principal función asegurar que un artefacto cumpla con su función según los estándares suministrados por el fabricante, además de poder cumplir con la expectativa de vida útil para la cual fue diseñado.

Actualmente la gestión de mantenimiento es una disciplina que se divide en diversos tipos. También incluye el análisis de costos e inversión, verificación de la eficiencia de los dispositivos, gestión del personal, modificaciones para la mejora de los equipos, entre otros.

Uno de los objetivos del mantenimiento es mantener una alta fiabilidad en el equipo. En el caso de que esto no se cumpla los costos de operación y gastos producción aumentarán.

¹ Santiago García Garrido. Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A 2003, página 1.

5.2 Tipos de mantenimiento

Se puede clasificar el mantenimiento en cinco tipos²:

5.2.1 Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios.

5.2.2 Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene por fin mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, con programación de las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

5.2.3 Mantenimiento predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y la operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere medios técnicos avanzados y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

² Santiago García Garrido. Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A 2003, página 1.

5.2.4 Mantenimiento cero horas

Este es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca algún fallo, cuando la fiabilidad del equipo haya disminuido apreciablemente, de manera que resulte arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

5.2.5 Mantenimiento en uso

Es el mantenimiento básico de un equipo fabricado por sus propios usuarios. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesaria una gran formación sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (*Total Productive Maintenance* o mantenimiento productivo total).

5.3 Lista de equipos

En el área de mantenimiento se puede definir una lista de equipos por nivel, cada uno en orden de jerarquía en la lista. Ejemplos de los niveles más comunes son los siguientes:

- a. Planta: centro de trabajo.
- b. Área: zona de la planta que tiene una característica común.
- c. Equipo: cada uno de las unidades productivas que componen el área y que constituyen un conjunto único.
- d. Sistema: conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.
- e. Elemento: cada uno de las partes que integran un sistema. Ejemplo, el motor de la bomba de lubricación de un compresor. Es importante diferenciar entre elemento y equipo. Un equipo puede estar conectado o dar servicio a más de un equipo. Un elemento, en cambio, solo puede pertenecer a un equipo. Si el ítem que se trata de identificar puede estar conectado o dar servicio simultáneamente a más de un equipo, será un equipo, no un elemento. Así, si una bomba de lubricación solo lubrica un compresor se tratará de un elemento del compresor. Si en cambio se trata de una bomba que envía aceite de lubricación a varios compresores (sistema de lubricación centralizado) se tratará en realidad de otro equipo, y no de un elemento de alguno de ellos.

f. Componentes: partes en que puede subdividirse un elemento.

La lista tiene el fin de agilizar inventarios, gestión y ejecución técnica del mantenimiento.

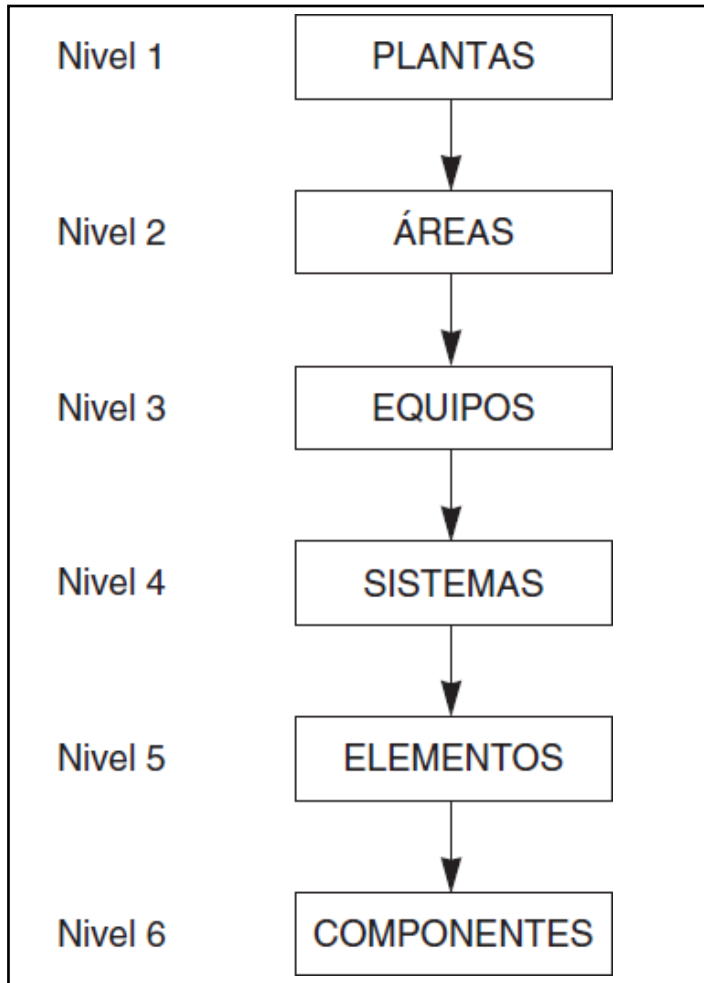


Ilustración 1 Ejemplos de distribución de listas de equipos. Fuente: Santiago García Garrido.

Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, página 8.

5.4 Codificación de los equipos

La codificación de los equipos tiene la finalidad de identificarlos y de ese modo poder analizar con orden su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, y permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones. Permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, y también permite el control de costos.

Estos códigos se elaboran con base en una lista de equipos previamente diseñada. Estos códigos pueden ser alfanuméricos. También se pueden aplicar a los elementos de los equipos.

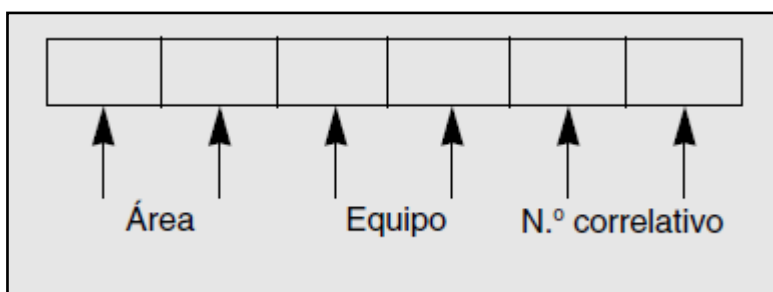


Ilustración 2 Ejemplo de asignación de código de equipo. Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16.

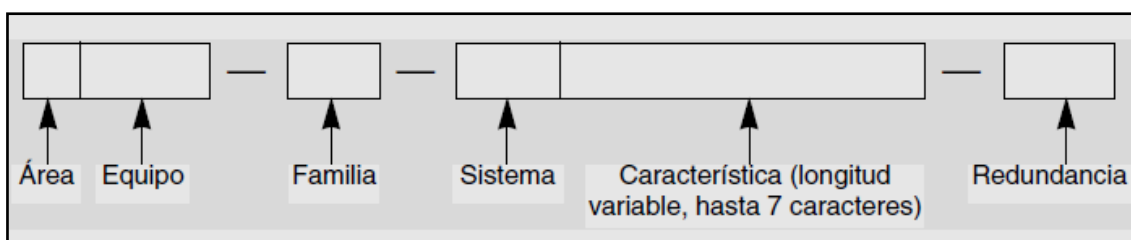


Ilustración 3 Ejemplo de asignación de código de elemento.

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16

5.5 Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son una serie de datos que se almacenan en el sistema en el transcurso del tiempo, que suministran información que servirá para conocimiento de la evolución del mantenimiento.

Estos datos pueden ser sobre costos, cantidad de personal, tiempos, repuestos utilizados, etc.

5.5.1 Indicador de disponibilidad

Determina la disponibilidad efectiva del equipo o sistema.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Ilustración 4 Fórmula matemática para el indicador de disponibilidad. Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16

5.5.2 Tiempo medio entre averías

Registra la frecuencia con que suceden las averías.

$$MTBF = \frac{\text{N.º de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N.º de averías}}$$

Ilustración 5 Fórmula matemática para el indicador del tiempo entre averías.

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16

5.5.3 Índice de cumplimiento de la planificación

Este índice marca la proporción de órdenes que se acabaron en la fecha programada o con anterioridad, del total de órdenes totales. Mide el grado de acierto de la planificación.

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{\text{N.º Órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{N.º de Órdenes totales}}$$

Ilustración 6 Fórmula matemática para el indicador del tiempo entre averías. Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16.

5.5.4 Índice de mantenimiento programado

Porcentaje de horas invertidas en el mantenimiento programado de las horas totales.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Ilustración 7 Fórmula matemática para el indicador de IMP. Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16

5.5.5 Índice de mantenimiento correctivo

Porcentaje de horas invertidas en la aplicación del mantenimiento correctivo

de las horas totales.

$$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Ilustración 8 Fórmula matemática para el indicador del IMC.

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003, páginas 14 y 16

5.6 Lubricación de rodamientos

5.6.1 Relubricación con grasa³

El exceso de grasa (sobre-engrasado) puede ocasionar altas temperaturas de operación, colapso de sellos y, en el caso de motores eléctricos, pérdida de potencia y falla del motor. La mejor manera de evitar esos problemas es estableciendo un programa de mantenimiento preventivo adecuado, utilizar cálculos para determinar el volumen correcto de grasa por aplicar y utilizar instrumentos de retroalimentación.

Mucha cantidad de grasa (sobre-engrasado) en la cavidad de un rodamiento hace que el movimiento giratorio del rodamiento comience a batir la grasa y provoque que esta salga del rodamiento, ocasione pérdida de potencia y eleve la temperatura. Esto genera una rápida oxidación (degradación química) de la grasa, así como un mayor sangrado (separación del aceite del espesante). El calor

³<http://noria.mx/lublearn/los-peligros-de-aplicar-grasa-en-exceso/>

generado y el sangrado con el tiempo cocinan el espesante y lo convierten en una sustancia dura, cuya acumulación puede afectar la adecuada lubricación e incluso bloquear el paso de la grasa nueva hacia el núcleo del rodamiento. Esto acelerará el desgaste del rodamiento y provocará su falla.

El daño en los sellos es otro efecto negativo del sobre-engrasado. Las pistolas de engrasar pueden producir presiones de hasta 15.000 psi, y cuando se sobre-engrasa el alojamiento de un rodamiento los sellos se pueden romper. Eso permitirá que los contaminantes, como el agua y las partículas, entren al rodamiento. Se debe tener presente que los sellos de labio fallan con presiones de alrededor de las 500 psi. Esta excesiva presión también puede dañar los rodamientos que vienen equipados con uno o dos escudos y hacer que el escudo del lado de entrada de la grasa colapse y se introduzca dentro de la pista del rodamiento, y genere desgaste y eventualmente falla del componente. Además, cuando se aplica mucha presión con la pistola de engrasar resulta muy fácil que el espesante endurecido causado por el calor (operación a alta temperatura) se desprege y sea empujado directamente a la pista del rodamiento.

El sobre-engrasado en los motores eléctricos tiene el mismo efecto que en los rodamientos de otras aplicaciones, excepto que la grasa sobrante puede llegar hasta el devanado (embobinado) del motor. Cuando se llenan completamente con grasa los rodamientos del motor eléctrico generan excesivo calor debido al batido de la grasa. Esto resulta en una pérdida de potencia así como en un sangrado acelerado y endurecimiento del espesante. De nuevo, la alta presión aplicada con

la pistola hace que la grasa encuentre el camino más fácil entre en el eje y la pista interior del rodamiento y pase al interior del motor. El resultado en el tiempo es el recubrimiento con grasa del devanado del motor, lo que trae como consecuencia el daño al aislamiento del devanado y la falla de los rodamientos.

La clave para solucionar los problemas de sobre-engrasado es el establecimiento de un programa de mantenimiento. Cada punto de lubricación, bien sea una caja de rodamientos o un motor eléctrico, debe registrarse como un activo y llevarse los registros de la planificación del mantenimiento o de las inspecciones de dichos activos. Aunque la instalación de un programa de mantenimiento puede al comienzo requerir mucho trabajo y tiempo, los resultados finales pueden tener un gran impacto dentro de la organización.

Una vez planificada la programación de los activos se necesita determinar la frecuencia y la cantidad de grasa que se debe aplicar en cada punto. La cantidad puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$G = 0,005 \times D \times B$$

Donde:
G - Cantidad de Grasa, en gramos.
D - Diámetro exterior del rodamiento en milímetros.
B - Ancho del rodamiento en milímetros.

Ilustración 9 Cálculo de la cantidad de grasa aplicable en cada engrase.

Fuente: Manual de rodamientos de la marca KOYO.

5.6.2 Cantidad de grasa inicial

En general, la grasa debe aplicarse en una cantidad suficiente para cubrir totalmente el rodamiento y aproximadamente de un tercio a la mitad del espacio libre del alojamiento, a pesar de que esta cantidad puede variar de acuerdo con la velocidad de funcionamiento del rodamiento, temperatura de trabajo, etc.

Las siguientes fórmulas pueden utilizarse como una guía para la cantidad de grasa inicial requerida.

Para rodamientos de bolas:	
$G = \frac{B^{2.5}}{900} \text{ (gms).}$	$G = \frac{B^{2.5}}{7.85} \text{ (oz).}$
Para rodamientos de rodillos.	
$G = \frac{B^{2.5}}{350} \text{ (gms).}$	$G = \frac{B^{2.5}}{3.05} \text{ (oz).}$
Donde:	
G=Cantidad inicial de grasa. (gms,oz.)	
B=Agujero del rodamiento (mm,pulg.)	

Ilustración 10 Fórmula para el cálculo de la grasa inicial.

Fuente: Manual de rodamiento de la marca KOYO.

5.6.3 Intervalos de engrase

Para sustituir la grasa se aplicarán las mismas precauciones que para el re-engrase. Dado que los intervalos de sustitución dependen en parte de la grasa, será necesario conocer bien el tipo y las características de la grasa utilizada.

La vida de la grasa varía notablemente según su tipo y calidad, pero también estará determinada por el tipo de rodamientos, las condiciones de trabajo, la temperatura y la penetración de materiales extraños y agua.

En condiciones de trabajo normales la vida de la grasa será aproximadamente la indicada en el gráfico respectivo de intervalos de lubricación.

Es recomendable utilizar este diagrama como orientación para el re-engrase y la sustitución de la grasa.

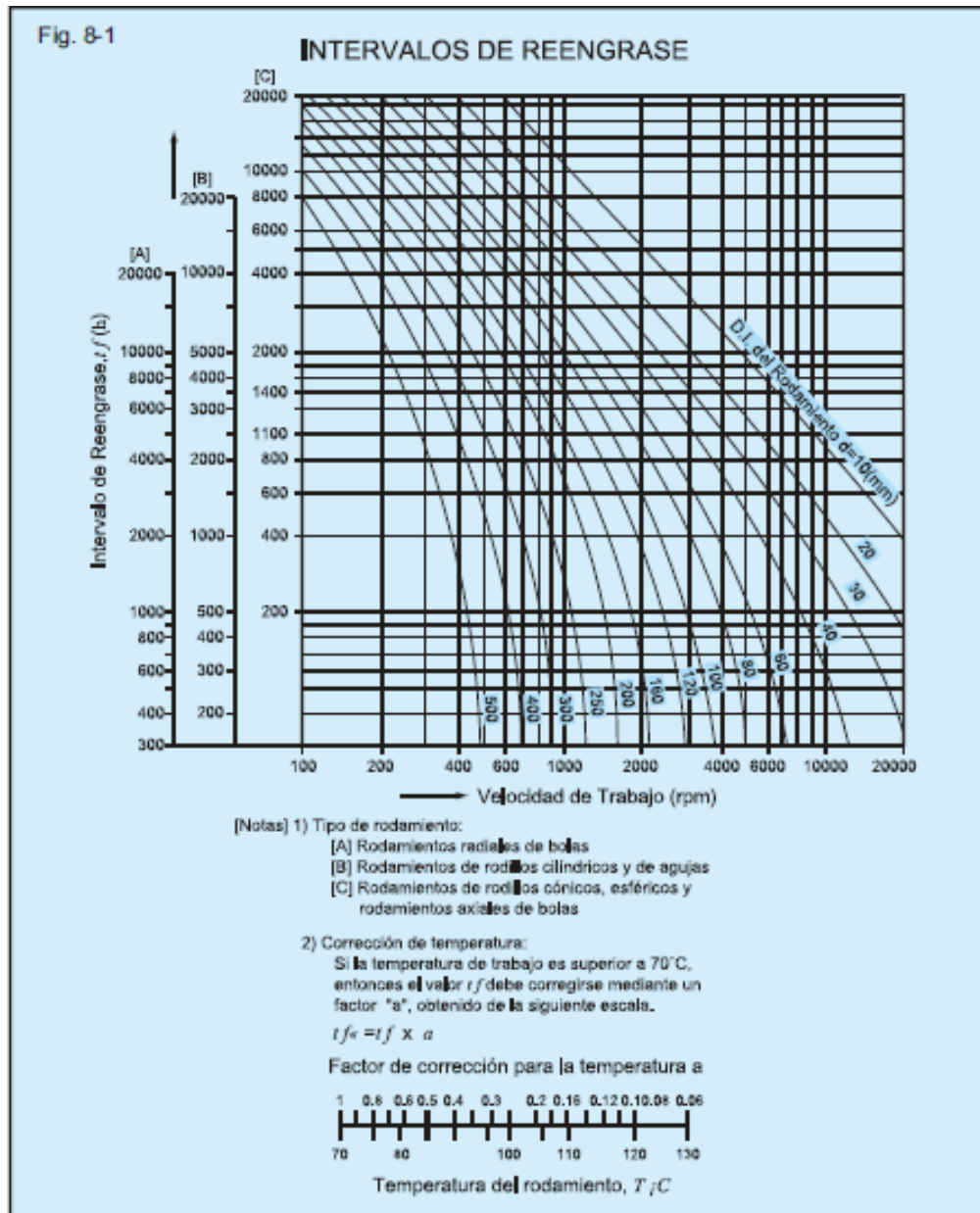


Ilustración 11 Gráfico de intervalos de lubricación.

Fuente: Manual de rodamientos marca KOYO.

5.7 Definición del término lixiviado⁴

Lixiviado es el producto acumulado de residuos orgánicos líquidos que se degradan por la acción del calor, el viento y la humedad y se mezclan con nitratos y fosfatos pulverizados presentes en el suelo. A esta mezcla se le unen, además, los líquidos presentes en todo tipo de envases plásticos o metálicos, como los de detergentes y otros químicos; y también el agua de lluvia que pueda caer. Todo esto junto forma un líquido negro o amarillo de aspecto denso y maloliente. Su composición *varía en grados de toxicidad*, puede ser inocuo o muy tóxico, dependiendo de los elementos de los que se ha formado.

Por lo general el lixiviado suele tener altas concentraciones de nitrógeno, hierro, cloruros, fenoles y manganeso. También puede incluir otros productos químicos como metales pesados, pesticidas o solventes. Dependiendo de su composición está el grado de toxicidad. Los lixiviados pueden contaminar el ecosistema, sobre todo si se filtran a aguas superficiales o subterráneas.

⁴ <https://tendencias.com/eco/contaminacion-que-son-los-lixiviados/>

6 Capítulo II: Diagnóstico

6.1 Generalidades del funcionamiento del Parque de Tecnología Ambiental Aserrí

6.1.1 Sistema de depósito de desechos

La empresa ha fijado un recorrido para los camiones contenedores de desechos, el cual se inicia en la entrada principal donde se reporta la entrada del camión en una estación llamada puesto 1. Seguidamente se pasa a otra estación en la cual se toma el peso del camión cargado y se registra su contenido. Al terminar el camión se pasa al patio de depósito, en el cual vierten los desechos que porta el camión. Al finalizar esta operación el camión se lleva a una estación de lavado con el fin de limpiar cualquier derrame de lixiviados que hayan quedado luego de depositar la basura, con el fin de que no contamine las vías públicas al salir de las instalaciones. Estos lixiviados son vertidos directamente a la planta de tratamiento que esta continúa a la estación para su debido tratamiento.

El camión se dirige nuevamente a la estación de pesaje donde se calcula cuántas toneladas de basura depositó en el Parque de Tecnología Ambiental y se procede al cobro por el servicio. Con esto se termina el recorrido y se sale del centro.

6.1.2 Sistema de manejo y transporte de lixiviados

Al inicio de la creación cada celda de depósito del Parque de Tecnología Ambiental se extiende un sello impermeable a base de polímero que protege el paso del lixiviado a la tierra. Seguidamente se coloca una serie de tuberías interconectadas y encima de esas tuberías una capa de geo-membrana. Además, se colocan tuberías verticalmente con el fin de producir una salida de gas metano producido por la descomposición de los desechos. Cuando esta instalación está completa se procede a depositar una capa de desechos y, cuando esa capa haya sido depositada, se le recubre con una capa de tierra y con una capa de impermeabilizante. Este proceso se realiza hasta que los ingenieros a cargo den por terminada esta etapa del proyecto.

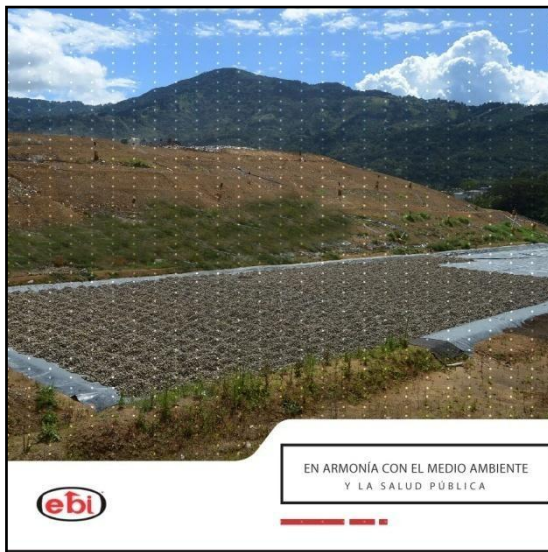


Ilustración 12 Construcción de celda de depósito.

Fuente: EBI de Costa Rica.

Los lixiviados producidos por los desechos se filtran por las tuberías debido a su diseño. Estas tienen la función de llevar los líquidos a las dos estaciones de bombeo, las cuales están a un nivel de altura inferior al de la zona de depósito; esto con el fin de que el líquido se desplace por las tuberías movido por la gravedad.

Las estaciones designadas como estaciones de bombeo 1 y 2 cuentan con un tanque para los lixiviados, con una capacidad de 800 a 1.000 metros cúbicos, respectivamente. Cuando los tanques han adquirido cierto nivel de líquido son accionados bombeando los lixiviados a la planta de tratamiento la cual cuenta con dos lagunas anóxicas, que son dos lagunas de aeración conectadas entre sí. Después de ser tratadas en estas dos áreas el líquido pasa a una laguna de sedimentación como proceso final. Posteriormente de llevar a cabo cada etapa de la planta de tratamiento el líquido ya cumple con los parámetros estipulados por el Ministerio de Salud y entonces es depositado en el río Cañas, en promedio 600 metros cúbicos por día.

Las lagunas de aireación de planta de tratamientos cuentan con 10 equipos de aireación, que tiene la función de introducir oxígeno a las bacterias que viven en las lagunas, y con dos agitadores de líquido para cada laguna anóxica.



Ilustración 13 Sistema de manejo y transporte de lixiviados.

Fuente: EBI de Costa Rica

6.2 Descripción de los equipos y su funcionamiento

6.2.1 Estaciones de bombeo

La estación de bombeo número uno se ubica en la entrada principal de la empresa EBI de Costa Rica, aproximadamente a mil metros de distancia de la planta de tratamiento de lixiviados, y la estación de bombeo número dos está a 1.200 metros de distancia de esta planta de tratamiento.

El funcionamiento de estas dos estaciones es muy similar. A continuación se explica su funcionamiento:

Cada estación cuenta con dos bombas de doble etapa marca Gorman-Rupp, modelo VS3A60-B, las cuales son accionadas por motores trifásicos de 40HP de 230 voltios. El motor transfiere la potencia a la bomba por medio de cuatro poleas dos para cada etapa de la bomba. Esta bomba opera a una presión de 70psi y bombea en promedio, por día, 400 metros cúbicos de lixiviado. La estación dos bombea 200 metros cúbicos a la planta de tratamiento.

El lixiviado que proviene de las celdas de depósito de desechos es almacenado en un tanque de 800 metros cúbicos para la estación uno y un tanque de 100 metros cúbicos para la estación dos. Las bombas están situadas encima de los tanques por lo cual la succión es negativa.

Solo opera una bomba por semana. La segunda bomba está como soporte de emergencia para el caso de que la primera falle, y así mantener el sistema de bombeo habilitado. La operación de estas dos bombas se alterna cada semana.



Ilustración 14 Estación de bombeo uno.

Fuente: EBI de Costa Rica.

El accionamiento de estas bombas se da por dos boyas eléctricas en el interior del tanque. Una de las bollas se activa cuando el tanque está lleno a tres cuartos de su capacidad, y se desactiva cuando el tanque está a un cuarto de su capacidad. Esto lo hace por medio de un panel de control eléctrico, el cual trabaja de forma automática o manual. Cada bomba cuenta con un panel de control eléctrico.

La jefatura de mantenimiento indicó que la principal falla es la obstrucción de la succión de la bomba debido a desechos sólidos que llegan por las tuberías que transportan el lixiviado.



Ilustración 15 Estación de bombeo dos.

Fuente: EBI de Costa Rica.

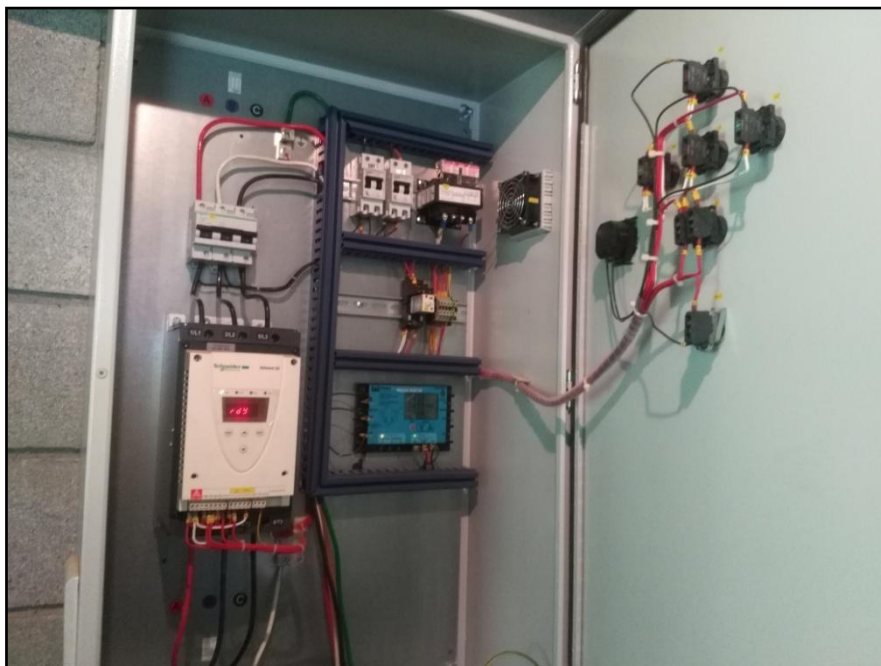


Ilustración 16 Panel de control de Bomba VS3A-60B.

Fuente: EBI de Costa Rica.

6.2.2 Plantas de emergencia

Cada una de las estaciones de bombeo cuenta con una planta de emergencia, con el fin de prever que el tanque de lixiviado llegue a su capacidad máxima y haya derrame; esto debido a la falta de funcionamiento de los equipos de bombeo en caso de un corte de corriente.

Los equipos tienen una capacidad de 400KVA para la estación de bombeo número dos y de 800KVA para la estación de bombeo número uno. Estos son accionados por una transferencia manual y un encendido manual del generador por parte de un operador. Utilizan diésel como combustible.

A este equipo solo se le realizan una inspección general y una prueba de arranque por semana. Los mantenimientos correctivos son programados y realizados por un taller de mecánica pesada con el que cuenta la empresa. A este taller se le transmiten los datos tomados en las inspecciones generales.



Ilustración 17 Planta de emergencia estación de bombeo numero uno.

Fuente: EBI de Costa Rica.

6.2.3 Equipos de aireación

La planta de tratamiento cuenta con 10 equipos de aireación marca Aeromix, modelo Class III Tornado. Estos equipos cuentan con un motor que transmite su potencia por medio de un eje a un impulsor y gracias a su diseño inyectan aire a las bacterias que habitan en la planta de tratamiento.

El motor que utilizan estos equipos es de 30HP, conectados a una fuente trifásica de 230V. Estos motores son accionados por dos paneles de control eléctrico ubicados a un costado de la planta de tratamiento de lixiviados. Estos paneles cuentan con un sistema de variadores de frecuencia que disminuyen la velocidad de los motores en función del nivel de oxígeno de la laguna. Esto gracias a un sensor que transmite los datos al variador. Este sensor se encuentra sumergido a 2 metros de profundidad en la laguna de aireación. Si hay suficiente oxígeno ellos disminuyen su velocidad; si disminuye el nivel de oxígeno su velocidad aumentará.

El funcionamiento de estos equipos es de 24 horas al día y de 365 días al año, por lo cual debe tener alta fiabilidad. Son los equipos que presentan fallas más frecuentes.

El proceso de lubricación y mantenimiento de estos equipos se realiza por medio de una balsa, en la cual un técnico manipula hasta llegar al aireador. De esta forma logra lubricar el equipo, inspeccionarlo o trasladar sus partes al taller de mantenimiento.



Ilustración 18 Balsa utilizada para la ejecución de mantenimientos.

Fuente: EBI de Costa Rica.



Ilustración 19 Aireador en funcionamiento.

Fuente: Empresa EBI de Costa Rica.

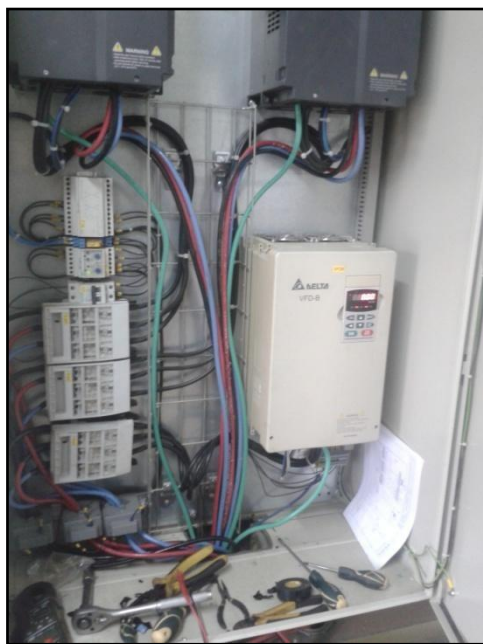


Ilustración 20 Panel de control de aireadores.

Fuente: Empresa EBI de Costa Rica.

6.2.4 Bombas sumergibles

El sistema de planta de tratamiento requiere la recirculación de líquidos de la laguna de aireación y de la laguna anóxica, y también de la entre lagunas de aireación. Esto con el fin de reducir el nivel de acidez de los líquidos por tratar. Para esto se tienen tres bombas sumergibles.

Las bombas son trifásica de 230V y tienen una potencia de 3HP. Estas bombas se accionan por medio de un panel de control ubicado en la plata de tratamiento.

6.2.5 Mezcladores

La planta de tratamiento cuenta con dos lagunas anóxicas y cada una cuenta con un mezclador, el cual tiene la función de revolver los lixiviados provenientes de las estaciones de bombeo, y los líquidos que se recirculan de las lagunas de aireación por medio de las bombas sumergibles.

El mezclado de líquidos ayuda a la liberación de nitrógeno del lixiviado para que puedan sobrevivir las bacterias en la laguna de aireación.

Estos equipos cuentan con un motor eléctrico, un cilindro mezclador y un flotador. Su control eléctrico se maneja desde un panel cerca de la laguna, el mismo panel que controla los aireadores ya mencionados.

Sus principales fallas son las de sello mecánico, retenedores y obstrucciones en la propela, obstrucciones que vienen por la tubería de lixiviados o desechos que son arrastrados por el aire hasta la laguna, según la jefatura de mantenimiento.



Ilustración 21 Cilindro de mezclados obstruido.

Fuente: Empresa EBI de CR.

6.3 Descripción del mantenimiento aplicado actualmente a los equipos del Parque de Tecnología Ambiental

6.3.1 Descripción de puestos y funciones

6.3.1.1 Jefatura de mantenimiento

La jefatura de mantenimiento está a cargo de un ingeniero de mantenimiento industrial. Le corresponde la gestión de mantenimiento, la compra y la cotización de equipos, así como el diseño de proyectos eléctricos y la modificación de las instalaciones.

Tiene a cargo los tres parques de tecnología ambiental que tiene en operación la empresa EBI de Costa Rica, los cuales se ubican en La Carpio, Limón y Aserrí. Normalmente atiende el proyecto de Aserrí los días lunes, miércoles y viernes, y el sector de La Carpio los días martes, jueves y sábado. El proyecto ubicado en Limón es supervisado por medio de giras que se realizan una vez al mes y que tienen una duración de dos a tres días. Este horario puede variar según la necesidad del proyecto o por fallas de emergencia en las que se necesite la colaboración de la jefatura.

Esta jefatura de mantenimiento tiene a cargo a los técnicos electromecánicos y a un pintor, dos técnicos para el proyecto de Aserrí y otro para La Carpio. El proyecto ubicado en Limón no cuenta con un técnico pues el ingeniero a cargo realiza labores técnicas durante las giras mensuales.

El jefe tiene un horario de lunes a sábado de 7am a 3pm, con excepción de los días en los que realiza giras al proyecto ubicado en Limón.

Este jefe responde a la gerencia de cada proyecto y tiene que coordinar con el Departamento de Ingeniería Civil.

6.3.1.2 Técnico electromecánico

El técnico electromecánico tiene la función de aplicar mantenimiento preventivo a los sistemas de bombeo, equipos de aireación, bombas de agua potable, ejecución de proyectos eléctricos, funciones de fontanero, revisión de generadores y bombas accionadas por motores de gasolina de 13HP, lo mismo que revisión de fallas eléctricas en edificaciones del proyecto.

Actualmente se contrata personal con formación técnica y anteriormente han tenido personal con formación empírica. La empresa no imparte capacitación constante en temas relacionados con sus áreas de desempeño, como por ejemplo lubricación y principios de plantas de tratamiento.

Tiene un horario de lunes a viernes de 7am a 4:30pm y sábados de 6:30am a 12md.

6.3.2 Labores de mantenimiento

Actualmente se aplican dos tipos de mantenimiento los cuales son el correctivo, el preventivo y la elaboración de proyectos, como se indica a continuación:

6.3.2.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento más usado en la empresa es el correctivo, debido a la continua falla de equipos que tienen que salir de servicio y ser llevados al taller de mantenimiento para una pronta reparación, en especial los equipos de aireación y mezclado de lixiviados.

El mantenimiento correctivo atrasa la elaboración de proyectos en las instalaciones ya que al ocurrir una falla el técnico tiene que abandonar completamente el proyecto y dedicarse al equipo dañado.

Además, ocurren fallas en horas no laborales del técnico de mantenimiento, al ocurrir una falla en estos horarios se recurre a llamar al técnico o ingeniero para que se presente a atenderla, en caso de que esté en disposición de ir.

Las labores de mantenimiento correctivo se realizan con la experiencia técnica del técnico en el área. No se exige el uso de manuales de procedimientos para el cambio o la reparación de elementos de los equipos.

6.3.2.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo en las instalaciones se basa principalmente en la lubricación de equipos durante un número estimado de horas mediante una inspección visual de los equipos, sean eléctricos o mecánicos. A principios del año 2016 la jefatura de mantenimiento estableció una rutina de mantenimiento preventivo que consta de una sola boleta de mantenimiento por equipo. Estas boletas se muestran en las ilustración 22, Ilustración 23, Ilustración 24 y Ilustración 25.

En las Ilustración 26 y Ilustración 27 se muestra el cronograma de mantenimiento preventivo y programado para el año 2017. Las tareas de mantenimiento programado no están estipuladas en las rutinas de mantenimiento creadas por la jefatura y la frecuencia de algunas actividades de mantenimiento preventivo no se apegan al cronograma.

La frecuencia de la lubricación de equipos se realiza por el número de horas que es tomado de los contadores que están instalados en los paneles eléctricos. El número de horas en que se dará el mantenimiento dependerá de la experiencia del técnico a cargo.

6.3.2.3 Proyectos

El Parque de Tecnología Ambiental está en crecimiento continuamente, por lo cual los proyectos de instalaciones eléctricas, de fontanería y equipos son constantes. Estos proyectos son ejecutados por el técnico de mantenimiento y coordinados por la jefatura de mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo Trampa Lixiviados					
Equipo:					
Proyecto:					
Fecha:					
Técnicos:					
Horimetro:					
Bomba # :	Datos de Placa				
Marca:	Modelo:	Serie:	HP:	Voltj:	Amp:
Panel de Control			Bien	Mal	Especificar
Limpieza general del tablero					
Condición de las botoneras o manetas					
Condición de los fusibles					
Resoque de los puntos de conexión					
Revisar correcta rotulación del panel					
Revisar y probar el buen estado del contactor					
Revisar y probar el buen estado de las protecciones (sensor, boya, etc.)					
Revisar protección por falla de fase					
Verificar funcionamiento de las luces					
Revisión del funcionamiento del horimetro					
Medición de Parámetros			L1	L2	L3
Revisión de amperaje Bomba			L1-L2	L2-L3	L3-L1
Revisión de voltaje de alimentación					
Motor Eléctrico y Bomba			Bien	Mal	
Extraer la bomba de la trampa					
Revisar cable y conexiones					
Revisar cable de soporte de la bomba					
Revisar pernos y tornillos de carcasa					
Revisar estado general de la bomba (limpieza corrosión)					
Inspección y limpieza del pascon de succión					
Quitar el pascon y revisar el impulsor del equipo					
Revisión de estado y nivel del aceite aislante					
Hacer arranque en vacío					
Verificar condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones					
Revisar la tubería o manguera de descarga					
Revisar los conectores y gazas metálicas de la descarga					
Probar el buen funcionamiento del equipo con carga					
Probar que el lixiviado bombeado se descargue correctamente					
Tiempo de trabajo					
Tiempo de recuperación del nivel de arranque					
Observaciones y Comentarios:					

Ilustración 23 Rutina de mantenimiento de estaciones de bombeo.

Fuente: Empresa EBI de CR


Mantenimiento Preventivo Sistema de Aireadores						
Equipo:						
Proyecto:						
Fecha:						
Técnicos:						
Horimetro:	Datos de Placa					
Motor Marca:	Modelo:	Serie:	HP:	Voltj:	Amp.	
Blower Marca:	Modelo:	Serie:	HP:	Voltj:	Amp.	
Revisión Eléctrica				Bien	Mal	Especificación
Limpieza general del tablero de alimentación						
Condición de las botoneras y paro de emergencia						
Revisión de fusibles y breaker de protección						
Revisar las puntas de los contactores						
Chequear si hay falsas conexiones						
Revisar conexiones a tierra						
Revisión de las protecciones de los equipos.						
Revisar correcta rotulación del panel						
Revisar protección por falla de fase						
Limpieza de los filtros de abanicos de enfriamiento						
Medición de Parámetros						
			L1 -L2	L2-L3	L1-L3	
Revisión de voltaje entre fases (L1-L2, L2-L3, L1-L3) Motor Aireador						
Revisión de voltaje entre fases (L1-L2, L2-L3, L1-L3) Motor Blower						
			L1	L2	L3	
Revisión de voltajes (fase-tierra) Motor Aireador						
Revisión de voltajes (fase-tierra) Motor Blower						
Revisión de amperaje Motor Aireador						
Revisión de amperaje Motor Blower						
Revisar cableado y conexiones						
Revisión Mecánica				Bien	Mal	Especificación
Colocar el aireador de manera Vertical :						
Revisar temperatura del motor del aireador						
Revisar temperatura del motor del blower						
Revisar el ajuste de los tornillos del motor del aireador						
Revisar el ajuste de los tornillos del motor del blower						
Revisar el buen estado de la carcasa del motor del aireador						
Revisar el buen estado de la carcasa del motor del blower						
Revisar el abanico de enfriamiento del motor del aireador						
Revisar el abanico de enfriamiento del motor del blower						
Inspección visual del estado de la manguera y acoples del blower						
Revisar y limpiar el filtro de aire del Blower.						
Revisar las masas metálicas del acople y el centro de hule del aireador						
Revisar el buen estado de la camisa del aireador						
Inspección visual de la propela del aireador						
Revisar que no exista basura o alambres entre la camisa y propela						

Ilustración 24 Rutina de mantenimiento para equipos de aireación parte 1.

Fuente: Empresa EBI de CR.

Cronograma de trabajo 2017							
Código	Nombre Equipo	Frecuencia	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
Laguna							
L-01	Aireador #1	Semestral	Enero	Julio			
L-02	Aireador #2	Semestral	Febrero	Agosto			
L-03	Aireador #3	Semestral	Marzo	Septiembre			
L-04	Aireador #4	Semestral	Abril	Octubre			
L-05	Aireador #5	Semestral	Mayo	Noviembre			
L-06	Aireador #6	Semestral	Junio	Diciembre			
L-07	Mezclador	Semestral	Febrero	Agosto			
L-08	Panel de bombas recirculación	Bimestral	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre
L-09	Bomba centrífuga # 1 recirculación	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
L-10	Bomba centrífuga # 2 lodos	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
L-11	Bomba Dosificadora #1	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
L-12	Panel de Control Equipos 240V	Bimestral	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre
L-13	Bomba centrífuga de Microorganismo	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
L-14	Sistema de Medicion de oxigeno						
Tanque Lixiviado Puesto #1							
TL-01	Bomba #1	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
TL-02	Motor #1	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
TL-03	Bomba #2	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
TL-04	Motor #2	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
TL-05	Panel de Control Bombas	Bimestral	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre
TL-06	Generador	Semestral	Marzo	Septiembre			
Tanque Lixiviado Higerones							
TLH-01	Bomba #3	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
TLH-02	Motor #3	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
TLH-03	Bomba #4	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
TLH-04	Motor #4	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
TLH-05	Panel de Control Bombas	Bimestral	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre
TLH-06	Bomba con motor gasolina	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
TLH-07	Aireador sumergible	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
TLH-08	Generador 40KW	Semestral	Marzo	Septiembre			

Ilustración 26 Cronograma de mantenimiento del año 2017 parte 1.

Fuente: Empresa EBI de CR.

Equipos sumergibles Lixiviados							
WT-01	Bomba sumergible lixiviado 1	Trimestral	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
WT-02	Bomba sumergible lixiviado 2	Trimestral	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	
WT-03	Bomba sumergible lixiviado 3	Trimestral	Abril	Julio	Octubre		

Ilustración 27 Cronograma de mantenimiento del año 2017, parte 2.

Fuente: Empresa EBI de CR.

6.4 Uso de repuestos y consumibles

La empresa cuenta con una bodega de repuestos y consumibles ubicada dentro de un taller de mecánica pesada que posee el proyecto en sus instalaciones. Esta bodega cuenta con una base de datos de cada repuesto que es solicitado.

7 Capítulo III: Marco metodológico

7.1 Método

El método deductivo toma ideas generales para obtener una conclusión general. Primeramente toma la teoría, los modelos teóricos, la explicación y la abstracción, antes de recoger datos empíricos, hacer observaciones o efectuar experimentos.

Este es el método que se empleará en el desarrollo de la investigación.

7.2 Tipo de investigación

Se realizará una investigación descriptiva debido a que lo que se hace es describir de modo sistemático la situación o área de interés. Se recogen datos con base en la teoría y se expone y resume la información de manera cuidadosa y luego se analizan los resultados; esto con el fin de obtener información significativa.

7.2 Fuentes de información

7.2.1 Fuentes primarias

- a. Bases de datos.
- b. Documentos, imágenes y diseños de instalación suministrados por la empresa.
- c. Entrevistas con el jefe y el personal técnico de la organización.

7.2.2 Fuentes secundarias

- a. Libro sobre la gestión de mantenimiento.
- b. Manuales y fichas técnicas elaboradas por los fabricantes de los equipos.
- c. Información obtenida de internet.

7.3 Variables

7.3.1 Definición conceptual

- a. Programa de mantenimiento: programación de las rutinas necesarias para el mantenimiento de uno o varios equipos.
- b. Equipos de alta fiabilidad: dispositivos que desempeñan funciones indispensables para las actividades de la empresa.

7.3.2 Definición instrumental

- a. Entrevista a jefe y personal técnico.
- b. Análisis de bases de datos e inventarios.
- c. Visitas a los equipos para comprender su funcionamiento.

7.4 Descripción de instrumentos

La instrumentación para este estudio se fundamenta en la recolección de datos y posteriormente en el análisis de estos; esto mediante observación o consultas directas de fuentes documentales primarias (bases de datos, imágenes y entrevistas) y secundarios (libros, manuales, internet) para extraer datos referentes al tema en estudio.

8 Capítulo IV: Desarrollo

8.1 Diagnóstico de la situación actual

8.1.1 Definición del proyecto por diseñar o problema por solucionar

Como se señala en el diagnóstico, la empresa cuenta con una serie de equipos que deben ser de una alta fiabilidad y su operación tiene que ser continua durante los 365 días del año. El mantenimiento correctivo es el más frecuente en los equipos, la ejecución de este manteamientos reduce la disponibilidad del equipo.

Se plantea un plan de mantenimiento preventivo en el cual se establecerá un modelo basado en la toma de datos suministrados por el fabricante, la información que se obtenga de la jefatura de mantenimiento y las normas aplicadas en la organización. Esto con el fin de reducir el mantenimiento correctivo y aumentar la fiabilidad del equipo.

Se realiza un énfasis de los equipos de aireación ya que son los que presentan mayor cantidad de mantenimiento correctivo pues la empresa posee una mayor cantidad de unidades.

8.1.2 Consultas a personal técnico sobre el mantenimiento preventivo y correctivo

Debido al poco tiempo de la implementación de rutinas de mantenimiento y al registro de datos se hace una recolección de datos del personal técnico para luego tabularlos. El fin es recolectar información sobre el estado actual de los equipos.

Tareas frecuentes de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico.		
Estaciones de bombeo		
		Frecuencia
Tareas de mantenimiento preventivo.	1. Se le realiza mantenimiento al panel de control eléctrico resocando los contactos y limpiando polvo acumulado por medio de un soplador.	Cada mes y medio, aproximadamente.
	2. Cambio de aceite de las bombas de la estación. Hasta que el visor esté a 3/4 de aceite.	Cada 750 horas de trabaja de la bomba.
	3. Lubricación de rodamientos del motor.	Cada dos meses.
Fallas frecuentes atendidas por mantenimiento correctivo.	1. La bomba no tiene cebamiento.	De dos a tres veces por semana.
	2. Obstrucción de la succión. Debido a desechos sólidos en el lixiviado por bombear.	Dos veces al mes como máximo.
	3. Pico de voltaje detectado por el variador de frecuencia y por tanto el panel de control tiene que ser reiniciado.	Tres veces por semana.
	4. Cambio de aceite, por mezcla de aceite y lixiviado.	Tres meses.

.	5. Obstrucción de la válvula de <i>check</i> .	Una vez por mes como máximo.
Se utiliza aceite marca Magnus vg 100		

Tabla 1 Tareas de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico de estaciones de bombeo.

Tareas frecuentes de mantenimiento realizadas según consulta a personal técnico. Aireadores.		
		Frecuencia aproximada
Tareas de mantenimiento preventivo.	1. Se le realiza mantenimiento al panel de control eléctrico resocando los contactos y limpiando el polvo acumulado por medio de un soplador.	Cada mes y medio, aproximadamente.
	2. Lubricación de rodamientos. Cantidad de grasa no definida.	Una vez por semana.
Fallas frecuentes atendidas por mantenimiento correctivo.	1. Cambio de rodamientos.	Cada tres a seis meses.
	2. Cambio de retenedores.	Cada tres a seis meses
	3. Rectificación de eje.	Cada tres a seis meses
	4. Cambio de anillos de hule.	Cada tres a seis meses
	5. Cambio de portarretenedores.	Cada tres a seis meses
	6. Acople de torsión.	Cada tres a seis meses
Se utiliza grasa marca Peerless OG2 NLGI GC-LB		

Tabla 2 Tareas de mantenimiento realizadas según consulta a personal técnico para aireadores.

Tareas frecuentes de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico. Bombas sumergibles		
		Frecuencia
Tareas mantenimiento preventivo	de	1. Se aplica mantenimiento al panel de control eléctrico resacando los contactos y limpiando el polvo acumulado con un soplador.
Fallas atendidas mantenimiento correctivo.	frecuentes para	2. Obstrucción de la succión debido a desechos mezclados con los líquidos por bombear.
		Dos a tres veces al día.

Tabla 3 Tareas de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico de bombas sumergibles.

Tareas frecuentes de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico. Mezclador.		
		Frecuencia aproximada
Fallas atendidas mantenimiento correctivo.	frecuentes para	1. Cambio de rodamientos.
		2. Cambio de sello mecánico.
		3. Rectificación de eje.
		4. Cambio de anillos de hule.
		5. Cambio de portarretenedores.
		6. Obstrucciones en la propela.
		Cada tres a seis meses.
		Cada tres a seis meses.
		Cada tres a seis meses.
		Cada tres a seis meses.
		Cada tres a seis meses.
		Una vez al mes.

Tabla 4 Tareas de mantenimiento realizadas según consulta a personal técnico para mezclador.

Tareas frecuentes de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico. Generadores.		
		Frecuencia aproximada
Tareas de mantenimiento preventivo.	1. Se realiza mantenimiento al panel de control eléctrico resacando los contactos y limpiando el polvo acumulado por medio de un soplador.	Cada mes y medio, aproximadamente.
	2. Se verifica el nivel de aceite.	Cada mes y medio, aproximadamente.
	3. Se realiza una prueba de encendido por 5 minutos.	Cada mes y medio, aproximadamente.

Tabla 5 Tareas de mantenimiento realizadas, según consulta a personal técnico de generadores.

Una de las dificultades mencionadas por los técnicos de mantenimiento es la de identificación de los equipos y su ubicación, ya que las boletas actuales no mencionan a cuál equipo se le debe realizar el mantenimiento.

8.1.3 Recolección de información técnica y detalle de necesidades

8.1.3.1 Manuales y datos del fabricante

A continuación se presenta una serie de tabulaciones de datos de mantenimiento de los equipos según el fabricante. Estas tablas son un resumen de las actividades de mantenimiento e información técnica, necesaria para adquirir conocimientos de las actividades y frecuencias estandarizadas del fabricante.

Además, se anexan las fichas técnicas de cada equipo en las cuales se describen sus características. Aparecen en las secciones 13.2, 13.3 y 13.4.

Para lograr una mejor visualización de los equipos, sus partes, su ensamble y otras partes, esto se incluye en los anexos 13.5, 13.6y 13.7.

Programa de mantenimiento preventivo Estación de bombeo (bomba VS3A60-B)					
Ítem	Intervalo de servicio				
	Diariamente	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Condición general (Temperatura, inusual Ruidos o vibraciones, Grietas, fugas, etc.)	I				
Rendimiento de la bomba (medidores, velocidad, flujo)	I				
Lubricación de rodamientos		I			R
Lubricación del sello		I			R
Correas en V			I		
Válvula de purga			I	C	
Desmontaje delantero del impulsor (placa de desgaste)				I	

Desmontaje del impulsor trasero (placa de sello)				I	
Válvula del <i>check</i>					I
Válvula de alivio de presión					C
Alineación de la bomba y tuberías					I
Deflexión del eje del impulsor					I
Rodamientos					I
Cubierta del cojinete					I
Tuberías					I
<p>I = inspeccionar, limpiar, ajustar, reparar o reemplazar según sea necesario C = Limpieza R = Reemplazar Intervalo de servicio basado en un ciclo de trabajo intermitente igual a aproximadamente 4.000 horas anuales. Ajuste la programación según sea necesario para ciclos de trabajo más bajos o más altos o condiciones extremas de operación. Se recomienda cambio con aceite SAE 30, el aceite de los retenedores (1,8 litros) y de los rodamientos (0,3 litros)</p>					

Tabla 6 Programa de mantenimiento de la bomba VS3A60-B.

Fuente: Manual del fabricante.

Programa de mantenimiento preventivo			
Estación de bombeo (motor)			
Intervalos de lubricación			
Caballos de fuerza	Condiciones estándar	Condiciones severas	Condiciones extremas
40 a 75 hp, 1800 rpm y menos	210 Días	70 Días	30 Días
<p>a. Condiciones estándar: 8 horas de operación por día, carga normal o ligera, transparente y 40 ° C, condiciones ambientales.</p> <p>b. Condiciones severas: funcionamiento de 24 horas al día o carga ligera de choque, vibración o condiciones polvorientas.</p> <p>c. Condiciones extremas: Con fuerte carga de choque o vibraciones o condiciones polvorientas.</p> <p>d. Para los cojinetes con doble blindaje, los datos anteriores (frecuencia de lubricación). El cojinete debe ser reemplazado.</p> <p>e. Se utilizan rodamientos 6313 y 6213.</p>			

Tabla 7 Programa de mantenimiento de motores de estaciones de bombeo.

Fuente: Manual de mantenimiento del fabricante, Teco Westinghouse, motor np0604.

Programa de mantenimiento aireador												
Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Lubricación del motor	Se verifican las recomendaciones de los fabricantes de motores											
2. Comprobar el amperaje del motor												
3. Lubricación de rodamientos del aireador.												
4. Inspeccionar el acoplamiento Motor - aireador.												
5. Resocar tornillos y pernos.												
6. Inspeccionar la propela.												
7. Inspeccionar los retenedores.												
Estos equipos usan rodamientos 320/32JR, lubricados con grasa. El motor eléctrico tiene una velocidad de 1.760 rpm. Grasa recomendada por el fabricante: Lubrimatec N11402												

Tabla 8 Programa de mantenimiento de aereadores según el fabricante.

Fuente: Empresa AEROMIX.

Programa de mantenimiento Mezclador												
Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Lubricación del motor	Se verifican las recomendaciones de los fabricantes de motores											
2. Comprobar el amperio del motor												
3. Cambio de rodamientos y sello mecánico.	Cada 24 meses											
4. Inspeccionar el acoplamiento Motor - aireador.												
5. Resocar tornillos y pernos.												
6. Inspeccionar la propela.												
7. Inspeccionar los retenedores y el sello mecánico												

Tabla 9 Programa de mantenimiento del mezclador según el fabricante.

Fuente: La empresa AEROMIX.

Programa de mantenimiento Bomba sumergible		
Tipo de mantenimiento	Objetivo	Intervalo de inspección
Inspección	Para evitar interrupciones del funcionamiento y averías de la máquina. Las medidas para garantizar el rendimiento y la eficiencia de la bomba se definen y establecen para cada aplicación individual. Pueden incluir aspectos como el nivelado del impulsor, el control y la sustitución de las piezas de desgaste, el control de los ánodos de zinc y la supervisión del estator.	Dos veces al año
Revisión general	Para comprobar que el producto tiene una larga vida útil. Incluye la sustitución de los principales componentes y las medidas tomadas durante una inspección.	Todos los años, en condiciones de funcionamiento normales

Tabla 10 Programa de mantenimiento para bomba sumergible HCP.

Fuente Manual del fabricante.

Programa de mantenimiento Bomba sumergible Revisión general	
Elemento de mantenimiento	Acción
Cojinete auxiliar y principal	Cambie los cojinetes usados por cojinetes nuevos.
Sello mecánico	Coloque unidades de sellado nuevas.

Tabla 11 Revisión general de la bomba sumergible HCP.

Fuente: El manual del fabricante.

Programa de mantenimiento Bomba sumergible Inspección	
Elemento de mantenimiento	Acción
Piezas visibles en la bomba y en la instalación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compruebe que todos los tornillos, pernos y tuercas estén bien apretados. 2. Compruebe el estado de la carcasa de la bomba, el filtro, la cubierta, las asas de elevación, los pernos de ojo, las cuerdas, las cadenas y los cables. 3. Compruebe si hay piezas desgastadas o deterioradas. 4. Ajuste o sustituya las que lo necesiten.
Tubos, válvulas y otros equipos periféricos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compruebe si hay piezas desgastadas o deterioradas. 2. Ajuste o sustituya las que lo necesiten.
Impulsor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compruebe si hay piezas desgastadas o deterioradas. 2. Ajuste o sustituya las que lo necesiten. El desgaste del impulsor o de las piezas próximas requiere el ajuste fino del impulsor o la sustitución de las piezas gastadas
Aceite	<p>Compruebe el aceite:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tome una muestra de aceite. 2. Si el aceite contiene partículas, reemplace el sello mecánico. Acuda a un taller de servicio autorizado. Asegúrese de que el volumen está lleno hasta el nivel correcto. Consulte el llenado del aceite (página 35). Una cantidad de agua más pequeña no es dañina para el sello mecánico.
Entrada del cable	<ol style="list-style-type: none"> 1. El manguito de junta y las arandelas deben concordar con el diámetro exterior de los cables. 2. Corte un trozo del cable de manera que el manguito de junta obture en una nueva posición del cable. 3. Vuelva a colocar el manguito de juntas si es necesario.

Tabla 12 Inspección de mantenimiento de la bomba sumergible HCP.

Fuente: Manual del fabricante.

8.2 Solución del problema

Se procederá a redactar un manual de mantenimiento en el que se contemplen las recomendaciones técnicas, consultas al personal técnico, procedimientos para el mantenimiento de los equipos, datos *postmortem* de equipos y mejoras en las actividades que se están realizando; así como la asignación de un código a cada equipos con el fin de mantener el control del mantenimiento efectuado y su ubicación en la empresa.

Se crearán boletas de mantenimiento preventivo y programado con el contenido de las actividades que debe realizar el personal técnico, y de información que tiene que registrar, con el fin de iniciar una base datos de información y un historial de mantenimiento con los datos recolectados en dichas boletas.

Además, se hará un cronograma en el que se planteará el plan anual de mantenimiento necesario para su implementación.

8.2.1 Codificación de los equipos

La codificación de equipos y elementos se realiza según el formato mostrado en el marco teórico y de acuerdo con la información presente en el diagnóstico.

Codificación de equipos					
Área		Equipo		Numero correlativo	Código del equipo
Laguna de aireación 1	L1	Aireador	AI	01	L1AI01
Laguna de aireación 1	L1	Aireador	AI	02	L1AI02
Laguna de aireación 1	L1	Aireador	AI	03	L1AI03
Laguna de aireación 1	L1	Aireador	AI	04	L1AI04
Laguna de aireación 1	L1	Aireador	AI	05	L1AI05
Laguna de aireación 2	L2	Aireador	AI	06	L2AI06
Laguna de aireación 2	L2	Aireador	AI	07	L2AI07
Laguna de aireación 2	L2	Aireador	AI	08	L2AI08
Laguna de aireación 2	L2	Aireador	AI	09	L2AI09
Laguna de aireación 2	L2	Aireador	AI	10	L2AI10
Laguna anóxica 1	L3	Mezclador	ME	01	L3ME01
Laguna anóxica 2	L4	Mezclador	ME	02	L4ME02
Estación de bombeo 1	E1	Bomba de lixiviados modelo VS3A60-B	BI	01	E1BL01
Estación de bombeo 1	E1	Bomba de lixiviados modelo VS3A60-B	BI	02	E1BL02
Estación de bombeo 2	E2	Bomba de lixiviados modelo VS3A60-B	BI	03	E2BL03
Estación de bombeo 2	E2	Bomba de lixiviados modelo VS3A60-B	BI	04	E2BL04
Laguna de sedimentación 1	S1	Bomba sumergible	BS	01	S1BS01
Laguna de sedimentación 2	S2	Bomba sumergibles	BS	02	S1BS02
Laguna anóxica 1	L3	Bomba sumergibles	BS	03	L3BS03
Laguna anóxica 2	L4	Bomba sumergibles	BS	04	L4BS04
Estación de bombeo 1	E1	Generador	GE	01	E1GE01
Estación de bombeo 2	E2	Generador	GE	02	E2GE02
Laguna de aireación 1	L1	Panel de control de aireadores y mezcladores.	PA	01	L1PA01

Tabla 13 Tabla de elaboración de códigos para equipos.

Fuente: El autor.

Codificación de elementos						
Equipos que contienen el mismo código de elemento	Familia del elemento		Sistema		Redundancia	Código de elemento
Aireadores	Motor	M	Electromecánico	ELM	01	MELM01
	Cilindro aireador	C	Mecánico	MEC	01	CMEC01
	Flotador	F	Mecánico	MEC	01	FMEC01
Mezcladores	Motor	M	Electromecánico	ELM	01	MELM01
	Cilindro aireador	C	Mecánico	MEC	01	CMEC01
	Flotador	F	Mecánico	MEC	01	FMEC01
Bomba de lixiviados modelo VS3A60-B	Bomba	B	Mecánico	MEC	01	BMEC01
	Motor	M	Electromecánico	ELM	01	MELM01
	Tuberías y accesorios	T	Mecánico	MEC	01	TMEC01
	Panel de control	P	Eléctrico	ELC	01	PELC01
Bomba sumergible	Motor	M	Electromecánico	ELM	01	MELM01
	Panel de control	P	Eléctrico	ELC	01	PELC01
	Impulsor	I	Mecánico	MEC	01	IMEC01
Generador	Motor diésel	M	Electromecánico	ELM	01	MELM01
	Arrancador	A	Electromecánico	ELM	01	AELEM01
	Batería	E	Eléctrico	ELC	01	EELEC01
	Radiador	R	Mecánico	MEC	01	RMEC01
	Panel de control	P	Eléctrico	ELC	01	PELEC01

Tabla 14 Tabla de elaboración de códigos para elementos.

Fuente: El autor.

La codificación de elementos se modificó respecto a la mostrada en el marco teórico. Esto se hace colocando en el área de sistema el tipo de mantenimiento que necesite el elemento, sea mecánico, eléctrico o electromecánico.

Esta forma de codificación tiene la finalidad de localizar el equipo, indicar cuál equipo es en caso de que existan varios del mismo tipo. También segmenta los elementos, lo cual lo convierte en una herramienta útil para la orientación del

personal de mantenimiento. Además, agilizará la creación de una base de datos de forma digital.

8.2.2 Cálculos de lubricación de rodamientos

En las boletas de mantenimiento de los equipos es necesario indicar las características de lubricación periódica, engrase inicial y frecuencia; por lo tanto se calculará la cantidad de gramos de grasa necesarios según lo expuesto en el marco teórico.

Los rodamientos de los equipos de aireación son número 320/32JR de la marca KOYO y según los datos del fabricante sus dimensiones son: diámetro interno 32mm, diámetro externo 58mm y ancho del rodamiento 17mm (Anexo 13.1).

$$G = 0.005 \times D \times B = 0.005 \times 17 \times 58 = 4.93$$

La cantidad de gramos de grasa necesarios para una correcta lubricación es de 4,93, que se aproximará a 5 gramos de grasa.

El rodamiento 320/32JR no es sellado y trae una pequeña capa de lubricante para protegerlo del ambiente antes de su instalación. El cálculo del engrase inicial se calculará con base en la información de la ilustración 18.

$$G = \frac{B^{2.5}}{350} = \frac{32^{2.5}}{350} = 16.55$$

Según el cálculo anterior la lubricación inicial del rodamiento es de 16,55 gramos de grasa, que se aproxima al valor de 17 gramos.

La frecuencia con que se realizará la lubricación es un aspecto muy importante para la elaboración de las boletas de mantenimiento. En la Ilustración 11 se aprecia el intervalo de tiempo del engrase. Junto con los datos del fabricante de la Tabla 8 se obtendrá un criterio aplicable para el plan de mantenimiento.

Estos rodamientos giran a una velocidad de 1.760 revoluciones según los datos de la placa del motor del aireador.

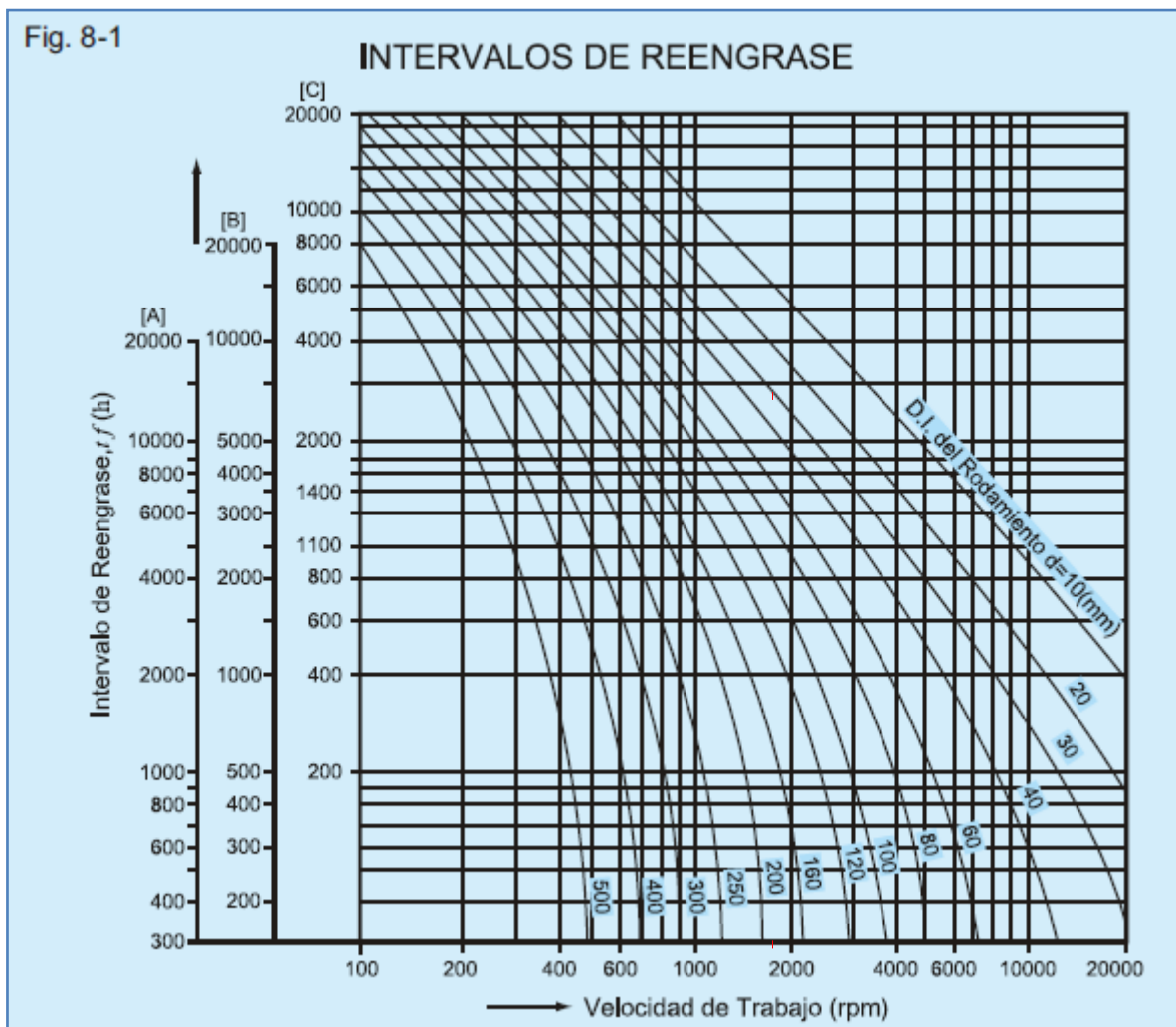


Ilustración 28 Cálculo de intervalo de engrase de rodamientos de aireadores.

Fuente: Manual de rodamientos de la marca KOYO

El intervalo de lubricación apto para estos rodamientos es de aproximadamente 2.900 horas. El fabricante de los aireadores de la tabla 3 plantea intervalos que aumentan según el uso del equipo de un mes equivalente a 720 horas, a tres meses equivalente a 2160 horas, aproximadamente. Con estos datos se plantea utilizar una frecuencia de 2.160 horas.

En el caso de los rodamientos de los motores de aireadores y bombas sumergibles estos son sellados. El fabricante indica cambiarlos una vez al año.

Los rodamientos de bombas de lixiviados VS3A60-B son lubricados por baño de aceite. El intervalo de esta lubricación está dado por el fabricante descrito en la Tabla 6, una vez al año.

La frecuencia de lubricación de los motores de las estaciones de bombeo está indicada en la Tabla 7. Estos motores operan 8 o menos horas al día por lo tanto los intervalos de lubricación son de cada 210 días. Eso equivale a 5.040 horas. Estos rodamientos traen el engrase inicial de fábrica, por lo cual no es necesario calcularlo, pero sí se calculará la cantidad necesaria en cada re-engrase.

Los rodamientos que utilizan estos motores son números 6313 y 6213, cuyos diámetros externos son 140 y 120mm, y de espesor 33 y 23, respectivamente (anexo 13.1):

$$G_{6313} = 0.005 \times D_{6313} \times B_{6313} = 0.005 \times 140 \times 33 = 23.1$$

La ecuación mostrada indica que el rodamiento 6.313 necesita 23.1 gramos de grasa.

$$G_{6213} = 0.005 \times D_{6213} \times B_{6213} = 0.005 \times 120 \times 23 = 13.28$$

Para el cálculo del rodamiento 6.213 es necesaria una cantidad de 13,28 gramos de grasa, que se aproxima a 13 gramos.

8.2.3 Elaboración de boletas de mantenimiento

Estas boletas de mantenimiento se diseñarán de forma semanal, mensual, semestral y anual. Las actividades se describirán en forma de lista de inspección. Se identificarán por su tipo de mantenimiento, sea preventivo o programado.

Aquí se presentan las boletas de los equipos de aireación, estaciones de bombeo, mezcladores, bombas sumergibles, generadores y paneles de control. Estas boletas indican rutinas generales para cada grupo de equipos, con su código y elementos relacionados.

Cada una de las boletas tiene la duración aproximada de cada una de las tareas. Estos tiempos son estimados por el autor y cada una de las ellas cuenta con un espacio para que el técnico que realiza el mantenimiento anote el tiempo real de la ejecución, para así poder crear una base de datos al implementar el plan.

En su encabezado las siguientes boletas no tienen asignado el código del equipo sino que este debe ser colocado durante su implementación, a la par del nombre del equipo. En la Ilustración 29 se muestra un ejemplo en el que se tiene que asignar durante la implementación del plan.

<p><input type="checkbox"/> Aireador L1AI01 Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Semanal Motor MELM01 Nombre del técnico: Fecha: Duración:</p>	
--	---

Ilustración 29 Ejemplo de encabezado y asignación de código de equipo.

Fuente: El autor


Aireador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Semanal Motor MELM01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 30min				
Actividad		Sí	No	Duración
Mida el voltaje en cada una de las fases y anótelos.				5 min
Mida la corriente en cada una de las fases y anote el dato.				
Inspeccione los rodamientos con un estetoscopio.				15 min
Limpie el abanico del motor.				5 min
Voltaje	Corriente			
L1-L2:	L1:			
L2-L3:	L2:			
L3-L1:	L3:			
En caso de encontrar un desperfecto, anotarlos para programar su reparación. Comentarios: <hr/>				

Tabla 15 Boleta de mantenimiento de aireadores 1.

Fuente: El autor.

Aireador Mantenimiento: Programado Frecuencia: Anual Motor MELM01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 4,5 h				
Actividad		Sí	No	Duración
Desacople el motor y trasládalo al taller de mantenimiento				60 min
Cambie los rodamientos del motor.				60 min
Limpie el bobinado y aplique barniz dieléctrico.				30 min
Inspeccione el cableado del motor hasta llegar al panel de control.				15 min
Acople el motor.				60 min
Ajuste el alineamiento entre el motor y el cilindro.				15 min
Mida el voltaje en cada una de la fases y anótelo.				5 min
Mida la corriente en cada una de las fases y anote el dato.				5min
Revise el sentido de giro.				5 min
Limpie el abanico del motor.				15 min
Voltaje	Corriente			
L1-L2:	L1:			
L2-L3:	L2:			
L3-L1:	L3:			
En caso de encontrar un desperfecto anótelo para programar su reparación. Comentarios:				

Tabla 16 Boleta de mantenimiento de aireadores 2.

Fuente: El autor


Aireador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Semanal Cilindro aireador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 60 min			
Actividad	Sí	No	Duración
Revise el estado de la propela y limpie en caso de que esté obstruida.			10 min
Inspeccione los rodamientos con un estetoscopio.			15min
Revise el buen estado de la camisa del aireador.			5 min
Revise el movimiento del eje y la propela del aireador.			5 min
Verifique las condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones.			5 min
Coloque el aireador en ángulo de trabajo.			10 min
Inspeccione las cuerdas que sujetan los aireadores.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anótelo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

Tabla 17Boleta de mantenimiento de aireadores 3.

Fuente: El autor


Aireador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Trimestral. Cilindro aireador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1 h			
Actividad	Sí	No	Duración
Lubricar los rodamientos del aireador con 5 gramos de grasa.			5 min
Resocar tornillos y pernos.			5 min
Revise el estado de la propela y limpie en caso de que esté obstruida.			10 min
Inspeccione los rodamientos con un estetoscopio.			15 min
Revise el buen estado de la camisa del aireador.			5 min
Revise el movimiento del eje y la propela del aireador.			5 min
Verifique las condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones.			5 min
Coloque el aireador en ángulo de trabajo.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anótelo para programar su reparación. Comentarios: <hr/>			

Tabla 18 Boleta de mantenimiento de aireadores 4.

Fuente: El autor


Aireador Mantenimiento: Programado Frecuencia: Semestral Cilindro aireador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 3:25 h			
Actividad	<u>Sí</u>	No	Duración
Desacoplar el cilindro aireador y llevarlo al taller de mantenimiento.			60 min
Revisar el estado de los retenedores en caso de que estén dañados y cambiarlos inmediatamente.			60 min
Acoplar el aireador en la planta de tratamiento			60 min
Inspeccionar el estado del acople de torsión.			5 min
Revisar el movimiento del eje y la propela del aireador.			5 min
Verificar condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones.			5 min
Colocar el aireador en ángulo de trabajo.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/>			

Tabla 19 Boleta de mantenimiento de aireadores 5.

Fuente: El autor

Aireador Mantenimiento: Programado Frecuencia: Anual Cilindro aireador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 4:50 h			
Actividad	Sí	No	Duración
Desacoplar el cilindro aireador y llevarlo al taller de mantenimiento.			60 min
Cambiar los rodamientos del aireador y llenar con 17 gramos de grasa, aproximadamente.			60 min
Cambiar los retenedores del aireador.			60 min
Inspeccionar la propela.			5 min
Verificar que el sistema de lubricación funcione correctamente.			5 min
Inspeccionar el estado del eje del aireador.			5 min
Revisar el buen estado de la camisa del aireador.			5min
Revisar el movimiento del eje y la propela del aireador.			5 min
Inspeccionar el estado del acople de torsión.			5min
Acoplar el aireador en la planta de tratamiento.			60 min
Ajustar el alineamiento entre el motor y el aireador.			5 min
Verificar las condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones.			5 min
Colocar el aireador en ángulo de trabajo.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios:			

Tabla 20 Boleta de mantenimiento de aireadores 6.

Fuente: El autor


Mezclador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Bisemanal Cilindro Mezclador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 30 min			
Actividad	Sí	No	Duración
Revisar el estado de la propela y limpiar en caso de que esté obstruida.			5 min
Inspeccionar los rodamientos con un estetoscopio.			15 min
Resocar los tornillos y pernos del difusor de aire ubicado en la propela.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

Tabla 21 Boleta de mantenimiento de Mezclador 1.

Fuente: El autor

Mezclador Mantenimiento: Programado Frecuencia: Semestral Mezclador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 3:25h			
Actividad	Sí	No	Duración
Desacoplar el cilindro mezclador y llevarlo al taller de mantenimiento.			60 min
Revisar el estado de los retenedores y el sello mecánico y en caso de que estén dañados cambiarlos inmediatamente.			60 min
Acoplar el mezclador en la planta de tratamiento			60 min
Inspeccionar el estado del acople de torsión.			5 min
Revisar el movimiento del eje y la propela del mezclador.			5 min
Verificar las condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones.			5 min
Colocar el mezclador en ángulo de trabajo.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/>			

Tabla 22 Boleta de mantenimiento de Mezclador 2.

Fuente: El autor


Mezclador Mantenimiento: Programado Frecuencia: Anual Cilindro Mezclador CMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 4:55 h			
Actividad	Sí	No	Duración
Desacoplar el cilindro mezclador y llevarlo al taller de mantenimiento.			60 min
Cambiar los rodamientos del mezclador			60 min
Cambiar los retenedores y el sello mecánico del mezclador			60 min
Inspeccionar la propela.			5 min
Inspeccionar el estado del eje del mezclador.			5 min
Revisar el movimiento del eje y la propela del mezclador.			5 min
Inspeccionar el estado del acople de torsión.			5 min
Acoplar el mezclador en la planta de tratamiento			60 min
Ajustar el alineamiento entre el motor y el mezclador.			5 min
Verificar las condiciones de funcionamiento por ruidos y vibraciones.			5 min
Resocar los tornillos y pernos del difusor de aire ubicado en la propela.			10 min
Ajustar el alineamiento entre el motor y el cilindro.			5 min
Colocar el mezclador en ángulo de trabajo.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios:			

Tabla 23 Boleta de mantenimiento de Mezclador 3.

Fuente: El autor

Mezclador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Semanal Motor MELM01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 30 min				
Actividad		Sí	No	Duración
Medir el voltaje entre cada una de la fases y anotarlo.				5 min
Medir la corriente en cada una de las fases y anotar el dato.				5 min
Inspeccionar los rodamientos con un estetoscopio.				15 min
Limpiar el abanico del motor.				5 min
Voltaje	Corriente			
L1-L2:	L1:			
L2-L3:	L2:			
L3-L1:	L3:			
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				

Tabla 24 Boleta de mantenimiento de Mezclador 4.

Fuente: El autor

Mezclador Mantenimiento: Programado Frecuencia: Anual Motor MELM01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 3:35h			
Actividad	Sí	No	Duración
Desacoplar el motor y trasladarlo al taller de mantenimiento			60 min
Cambiar los rodamientos del motor.			30 min
Limpiar el bobinado y aplicar barniz dieléctrico.			30 min
Inspeccionar el cableado del motor hasta llegar al panel de control.			10 min
Acoplar el motor.			60 min
Ajustar el alineamiento entre el motor y el cilindro.			5 min
Medir el voltaje entre cada una de la fases y anotar el dato.			5 min
Medir la corriente en cada una de las fases y anotar el dato.			5 min
Revisar el sentido de giro.			5 min
Limpiar el abanico del motor.			5 min
Voltaje	Corriente		
L1-L2:	L1:		
L2-L3:	L2:		
L3-L1:	L3:		
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/>			

Tabla 25Boleta de mantenimiento de Mezclador 5.

Fuente: El autor

Estación de bombeo Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Semanal Bomba BMEC01 Tuberías TMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 35 min			
Actividad	Sí	No	Duración
Condición general (temperatura, inusual Ruidos o vibraciones, grietas, fugas, etc.)			5 min
Verificar la presión de la bomba en operación y anotar el dato.			5 min
Verificar el caudal de la bomba en operación y anotar el dato.			5 min
Revisar el nivel de aceite por medio de los visores e informar si se ve mezclado con otro líquido			5 min
Inspeccionar el estado de las tuberías y accesorios			5 min
Revisar si el tanque de almacenamiento tiene desechos que puedan obstruir la succión.			5 min
Inspeccionar los rodamientos por medio de un estetoscopio.			5 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/>			

Tabla 26 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 1.

Fuente: El autor.


Estación de bombeo Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Mensual. Bomba BMEC01 Tuberías TMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1 h			
Actividad	Sí	No	Duración
Condición general (temperatura, inusual Ruidos o vibraciones, grietas, fugas, etc.)			5 min
Verificar el nivel de glicerina de todos los manómetros.			5 min
Medir la tensión de las fajas e informar si están desgastadas.			15 min
Inspeccionar la válvula de retención.			5 min
Inspeccionar la válvula de alivio.			5 min
Verificar las condiciones de los dos impulsores			20 min
Inspeccionar los rodamientos con un estetoscopio.			5 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

Tabla 27 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 2.

Fuente: El autor.

Estación de bombeo. Mantenimiento: Programado Frecuencia: Anual Bomba BMEC01 Tuberías TMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración Aproximada: 3:10 h			
Actividad	Sí	No	Duración
Condición general (temperatura inusual, ruidos o vibraciones, grietas, fugas, etc.)			5 min
Cambiar los sellos y retenedores.			60 min
Verificar el estado de los rodamientos y, de presentar daños, cambiarlos.			60 min
Cambiar el aceite de los rodamientos por 0,3 litros de SAE 30			10 min
Cambiar el aceite de los retenedores por 1,8 litros de SAE 30			10 min
Inspeccionar la alineación de la tubería con la bomba.			5 min
Cambiar la válvula de alivio.			5 min
Verificar las condiciones de los dos impulsores			20 min
Inspeccionar los rodamientos por medio de un estetoscopio.			5 min
Revisar si existe deflexión en el eje del impulsor.			10 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/>			

Tabla 28 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 3.

Fuente: El autor.


Estación de bombeo Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Mensual Panel de control PELC01 Motor MELC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1:10 h			
Actividad	Sí	No	Duración
Inspeccionar los rodamientos del motor con un estetoscopio			5 min
Lubricar los rodamientos del motor si ha cumplido con 5.040 horas de uso, con 28 gramos de grasa para 6.313 y con 13 gramos para 6.213.			10 min
Aspire el panel de control.			10 min
Resocar todos los puntos de conexión.			10 min
Limpiar superficialmente los componentes eléctricos.			5 min
Verificar que todas las luces, botoneras y manetas estén en buen estado.			5 min
Verificar que el cableado esté en buen estado.			5 min
Limpiar el abanico y la carcasa del motor.			5 min
Medir la corriente del motor en cada una de sus líneas y anotar el dato			5 min
Medir el voltaje del motor entre cada una de sus líneas y anotar el dato.			5 min
Inspeccionar el estado de la bolla de bajo y alto nivel de lixiviado.			5 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/>			

Tabla 29 Boleta de mantenimiento de estación de bombeo 4.

Fuente: El autor.

Bomba sumergible Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Mensual Panel de control PELC01 Motor MELC01 Impulsor IMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1h			
Actividad	Sí	No	Duración
Inspeccionar los rodamientos del motor con un estetoscopio.			5 min
Aspirar el panel de control.			10 min
Resocar todos los puntos de conexión.			5 min
Limpiar superficialmente los componentes eléctricos.			5 min
Verificar que todas las luces, botoneras y manetas estén en buen estado.			5 min
Verificar que el cableado esté en buen estado.			5 min
Limpiar la carcasa del motor.			5 min
Medir la corriente del motor en cada una de sus líneas y anotar el dato			5 min
Medir el voltaje del motor entre cada una de sus líneas y anotar el dato.			5 min
Verificar el nivel de aceite en el estator del motor.			5 min
Verificar el estado del impulsor y limpiarlo si está sucio.			5 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios:			

Tabla 30 Boleta de mantenimiento de bomba sumergible 1.

Fuente: El autor.


Bomba sumergible Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Anual Panel de control PELC01 Motor MELC01 Impulsor IMEC01 Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1:45h			
Actividad	Sí	No	Duración
Cambiar los rodamientos del motor.			60 min
Cambiar el sello mecánico.			10 min
Aspirar el panel de control.			5 min
Verificar que el cableado esté en buen estado.			5 min
Limpiar la carcasa del motor.			5 min
Medir la corriente del motor en cada una de sus líneas y anotar el dato			5 min
Medir el voltaje del motor entre cada una de sus líneas y anotar el dato.			5 min
Verificar el nivel de aceite en el estator del motor.			5 min
Verificar el estado del impulsor y limpiarlo si está sucio.			5 min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

Tabla 31 Boleta de mantenimiento de bomba sumergible 2.

Fuente: El autor.


Generador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Semanal Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1h			
Actividad	Sí	No	Duración
Verificar el nivel de aceite del motor			5 min
Verificar el nivel de aceite de la bomba de inyección.			5 min
Inspeccionar en general el motor.			5 min
Revisar el nivel de agua del radiador del motor			5 min
Limpiar la carcasa del motor.			5 min
Revisar fugas de aceite o agua			5 min
Revisar el estado de las correas			5 min
Limpiar en general el grupo.			5 min
Revisar el estado de la pintura de la carcasa			5 min
Revisar el nivel de electrolito y el estado de la batería.			5 min
Revisar nivel de combustible. Rellenar de ser necesario			5min
Realizar una prueba de arranque de 10 min.			10 min
Medir y anotar la tensión del generador.			
Medir y anotar la tensión de la red.			
Medir y anotar la intensidad del generador.			
Anotar la frecuencia del generador.			
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: <hr/> <hr/>			

Tabla 32 Boleta de mantenimiento de Generadores.

Fuente: El autor.

Panel de control aireadores y mezclador Mantenimiento: Preventivo Frecuencia: Mensual. Nombre del técnico: Fecha: Duración: Duración aproximada: 1:10h			
Actividad	Sí	No	Duración
Aspirar el panel de control.			10 min
Verificar que el cableado esté en buen estado.			10 min
Resocar cada una de las terminales del panel.			10 min
Inspeccionar el funcionamiento de los contactores.			10 min
Revisar el estado de las botoneras, luces y manetas del panel.			10 min
Medir y anote el voltaje de entrada del panel.			5 min
Limpiar los abanicos y filtros del panel de control			15min
En caso de encontrar un desperfecto anotarlo para programar su reparación. Comentarios: _____			

Tabla 33 Boleta de mantenimiento de paneles de control.

Fuente: El autor.

8.2.4 Plan anual de implementación

En los siguientes cuadros se detalla el plan de mantenimiento anual de los equipos, con la frecuencia con la que se realizarán las boletas de mantenimiento y sus tareas para su futura ejecución.

Este cuadro divide la frecuencia en meses y semanas, para cada equipo y elemento.

Las tablas tiene la siguiente simbología utilizada en la frecuencia del mantenimiento: "S" semanal, "BS" bisemanal, "M" mensual, "BM" bimensual, "T" trimestral, "SM" semestral, "A" anual.

Equipo	Elementos	Enero					Febrero					Marzo				Abril		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
L1AI01	MELM01	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S
L1AI02	MELM01	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	T	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S
L1AI03	MELM01	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	T	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S
L1AI04	MELM01	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	T	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S
L1AI05	MELM01	S	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	T	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	T
L2AI06	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	T	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S
L2AI07	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S
L2AI08	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S
L2AI09	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A
L2AI10	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L3AI01	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS
L4AI02	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS
E1BL01	BMEC01	M	S	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S
	TMEC01																	
E1BL02	MELC01		M					M				M				M		
	PELC01																	
E2BL02	BMEC01	M	S	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S
	TMEC01																	
E2BL04	MELC01				M					M				M				M
	PELC01																	
S1BS01	BMEC01		M									M					M	
	TMEC01																	
S1BS02	MELC01				M									M				M
	PELC01																	
L3BS03	BMEC01																	
	TMEC01																	
L4BS04	MELC01					M										M		
	PELC01																	
E1GE01		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
E2GE02		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L1PA01		BM					BM											

Tabla 34 Plan anual de mantenimiento de enero a abril.

Fuente: El autor.

Equipo	Elementos	Mayo							Junio							Julio							Agosto						
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35										
L1AI01	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L1AI02	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L1AI03	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L1AI04	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L1AI05	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L2AI06	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L2AI07	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
L2AI08	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SM	S	S	S		
L2AI09	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
L2AI10	MELM01	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	S	A	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S		
L3AI01	MELM01	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	BS	BS	A	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS		
L4AI02	MELM01	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	CMEC01	BS	BS	BS	A	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS		
E1BL01	BMEC01	M	S	S	S	S	M	S	A	S	S	S	S	S	S	M	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	TMEC01																												
E1BL02	MELC01	M						M									M												
	PELC01																												
E2BL02	BMEC01	M	S	S	S	S	M	S	S	S	A	S	S	S	S	M	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	TMEC01																												
E2BL04	MELC01				M					M								M									M		
	PELC01																												
S1BS01	BMEC01	M	S	S	S	S	M	S	S	S	A	S	S	S	S	M	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
	TMEC01																												
S1BS02	MELC01				M			M																					
	PELC01																												
L3BS03	BMEC01																												
	TMEC01																												
L4BS04	MELC01																												
	PELC01																												
E1GE01		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			
E2GE02		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			
L1PA01																													

Tabla 35 Plan anual de mantenimiento de mayo a agosto.

Fuente: El autor.

Equipo	Elementos	Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				
		36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
L1AI01	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T
L1AI02	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L1AI03	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L1AI04	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L1AI05	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L2AI06	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S
L2AI07	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S
L2AI08	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S	S
L2AI09	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S	S	S
L2AI10	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01	SM	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	T	S	S	S	S	S
L3AI01	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01		SM		BS		BS		BS		BS		BS		BS		BS	
L4AI02	MELM01	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CMEC01		BS		SM		BS		BS		BS		BS		BS		BS	
E1BL01	BMEC01	M	S	S	S	M	S	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S
	TMEC01																	
	MELC01 PELC01		M				M				M				M			
E1BL02	BMEC01	M	S	S	S	M	S	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S
	TMEC01																	
	MELC01 PELC01			M				M					M				M	
E2BL02	BMEC01	M	S	S	S	M	S	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S
	TMEC01																	
	MELC01 PELC01				M				M					M				M
E2BL04	BMEC01	M	S	S	S	M	S	S	S	S	M	S	S	S	M	S	S	S
	TMEC01																	
	MELC01 PELC01	M				M				M					M			
S1BS01	PELC01																	
	MELC01		M				M				M					M		
	IMEC01																	
S1BS02	PELC01																	
	MELC01			M				M				M					M	
	IMEC01																	
L3BS03	PELC01																	
	MELC01				M				M					M				M
	IMEC01																	
L4BS04	PELC01																	
	MELC01					M				M					M			
	IMEC01																	
E1GE01		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
E2GE02		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
L1PA01																		

Tabla 36 Plan anual de mantenimiento de setiembre a diciembre.

Fuente: El autor.

El cuadro que se muestra a continuación contiene un resumen de la duración del mantenimiento de un equipo de cada uno de los grupos principales.

Equipo	Elemento	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual
Aireador.	MELM01	30 min						4:50h
	CMEC01	60 min						1h
Mezclador.	CMEC01		30 min				3:25h	4:55h
	MELM01	30 min						3:35h
Estación de bombeo.	BMEC01 TMEC01	35 min		1h				3:10h
	MELC01 PELC01			1:10h				
Bomba sumergible.	PELC01 MELC01 IMEC01			1h				1:45h
Generador.		1h						
Panel de control.					1:10h			

Tabla 37 Resumen de duración de actividades.

Fuente: El autor.

En la Tabla 38 se muestra el tiempo en horas y minutos dedicado a actividades de mantenimiento. La semana con mayor cantidad de horas-hombre es de 32,85 horas y la semana con menos es de 22,07 horas. El programa anual de implementación se cumple debido a que el parque de tecnología ambiental solo labora 48 horas en el caso de los técnicos de mantenimiento electromecánico.

Mes	Semana	Minutos	Horas	Mes	Semana	Minutos	Horas
Enero	1	1971	32,85	Julio	27	1647	27,45
	2	1567	26,12		28	1518	25,30
	3	1873	31,22		29	1529	25,48
	4	1324	22,07		30	1470	24,50
	5	1875	31,25		31	1531	25,52
Febrero	6	1356	22,60	Agosto	32	1427	23,78
	7	1877	31,28		33	1568	26,13
	8	1328	22,13		34	1469	24,48
	9	1909	31,82		35	1500	25,00
Marzo	10	1440	24,00	Setiembre	36	1571	26,18
	11	1881	31,35		37	1592	26,53
	12	1332	22,20		38	1358	22,63
	13	1883	31,38		39	1594	26,57
Abril	14	1434	23,90	Octubre	40	1460	24,33
	15	1885	31,42		41	1421	23,68
	16	1336	22,27		42	1362	22,70
	17	1887	31,45		43	1423	23,72
Mayo	18	1438	23,97	Noviembre	44	1364	22,73
	19	1919	31,98		45	1525	25,42
	20	1340	22,33		46	1366	22,77
	21	1921	32,02		47	1457	24,28
	22	1337	22,28		48	1368	22,80
Junio	23	1883	31,38	Diciembre	49	1469	24,48
	24	1344	22,40		50	1370	22,83
	25	1560	26,00		51	1431	23,85
	26	1501	25,02		52	1372	22,87

Tabla 38 Cantidad de tiempo anual requerido para las actividades de mantenimiento.

Fuente: El autor.

8.2.5 Procedimiento de análisis de equipos dañados (análisis *post-mortem*)


En la siguiente lista se presenta un procedimiento útil para los equipos que han fallado y de los que se desea conocer las causas de esa falla. Esto con la finalidad de efectuar correcciones en el procedimiento de mantenimiento o en alguna otra circunstancia desconocida. El procedimiento visual lo mismo que el descriptivo también pueden generar nuevos procedimientos para el reemplazo de componentes.

Procedimiento:

1. Traslade el equipo al taller de mantenimiento.
2. Registre los datos de tal equipo: código, elemento, fecha, hora, duración de la actividad, horas de uso, último mantenimiento realizado y el próximo mantenimiento.
3. Anotar por qué razón se lleva a mantenimiento correctivo.
4. Empiece a desensamblar el equipo y tome fotografías de los elementos que han sido dañados o que presentan desgaste, o de una variación en relación con su estado desde la instalación inicial.
5. Forme un cuadro en el que se coloque cada una de las fotografías tomadas y se describa la condición del componente.
6. Con los datos tabulados analice la falla y las posibles causas. Anótelos en la tabla y notifíquelos a la jefatura de mantenimiento para que esta modifique las actividades de mantenimiento o las posibles circunstancias.

7. Se debe aplicar un Aplicar un diagrama Ishikawa con el fin de llegar a una conclusión en que muestre una mejora en el mantenimiento preventivo, con el fin de modificar la rutina de manteamiento y prever una próxima falla en el equipo.

Se realizó una toma de datos y análisis de falla de un mezclador dañado con el fin de ejemplificar el procedimiento. Este se muestra en la Tabla 39:

Equipo: L3AI01	Fecha: 1/7/2017
Elemento: CME01	Duración: 4 horas
Horas de uso: 9500 horas	Nombre del técnico encargado:
Último antenimiento: Bimensual	Próximo mantenimiento: Anual
Falla correctiva: Sobre corriente y ruidos anormales en el cilindro mezclador.	
Imagen	Descripción
	Se lleva el mezclador al taller de mantenimiento y se fotografía con el fin de mostrar su condición inicial.

	<p>Se procede a desacoplar la propela del eje del aireado. Esta y los componentes de sujeción se observan en buen estado.</p>
	<p>El cobertor con el sello mecánico presenta sedimentación. La cara del sello presenta rallones.</p>
	<p>El sello presenta sedimentación y el eje desgata en los puntos en que tiene contacto con el sello mecánico. Se tiene que rectificar.</p>

	<p>El seguro y el resorte del sello presentan alta corrosión.</p>
	<p>El rodamiento está sin grasa y altamente oxidado.</p>
<p>Análisis de las fallas. El sello mecánico falló y el líquido pasó a la cámara del rodamiento, por lo que eliminó la grasa y produjo una mayor fricción en su movimiento.</p> <p>Causas de la falla:</p> <ol style="list-style-type: none">El sello mecánico presenta desgaste.El sello mecánico falló a 30 días de su cambio por mantenimiento preventivo.	

--

Tabla 39 Ejemplo de toma de datos, análisis y causas de falla de mezclador.

Fuente: El autor.

En este caso la jefatura de mantenimiento debe seleccionar los materiales del sello mecánico o cambiar la frecuencia del próximo cambio de sello.

8.2.6 Indicadores de mantenimiento

Para una continua mejora del plan de mantenimiento y monitoreo se recomienda la utilización indicadores de mantenimiento. Por la falta de registro de datos no se podrá ejemplificar su aplicación, pero se mencionarán los indicadores aplicables a la estructura del plan de mantenimiento diseñado.

Indicadores:

1. Indicador de disponibilidad. Ecuación mostrada en la
2. Ilustración 4.
3. Tiempo medio entre averías. Ecuación mostrada en la Ilustración 5.
4. Índice de cumplimiento de la planificación. Ecuación mostrada en la Ilustración 6.
5. Índice de mantenimiento programado. Ecuación mostrada en la Ilustración 7.
6. Índice de mantenimiento correctivo. Ecuación mostrada en la Ilustración 8.

9 Análisis de resultados

En este apartado se hace un análisis objetivo de la información utilizada para realizar este estudio.

El sistema de mantenimiento actual solo contiene tres boletas con sus respectivas tareas, pero no cuenta con una frecuencia y en la programación no se presentan cambios de componentes. Esto se muestra en las Ilustración 22, Ilustración 23 y Ilustración 24. El sistema de mantenimiento propuesto tiene una menor cantidad de actividades por boleta comparado con el procedimiento actual, esto se debe a que las actividades cumplen la frecuencia estipulada por el fabricante y los cálculos realizados. Las tareas no se eliminaron solo se distribuyeron con la frecuencia y actividades brindadas por el fabricante. Esto se muestran desde la Tabla 15 hasta la Tabla 33.

En la actualidad la frecuencia de cambio de componentes se describe en el cronograma que se muestra en las Ilustración 26 y Ilustración 27. En ellas solo se muestra su frecuencia pues no presenta un procedimiento o indicación de tareas por ejecutar. El plan de mantenimiento planteado contiene un cronograma anual de las actividades de mantenimiento preventivo y programado, acorde con las boletas de mantenimiento diseñadas, que incluye tareas de cambio de componentes.

En las Tabla 13 y Tabla 14 se elaboró el sistema de codificación de equipos y sus elementos. Este tipo de identificación no estaba presente en el departamento de mantenimiento según los datos obtenidos en el diagnóstico.

La mayoría de las fallas significativas, según lo descrito por los técnicos de mantenimiento, se presentan en los equipos de aireación (Tabla 2; esto a pesar de que se inspeccionen semanalmente. En la Tabla 8 se muestran las frecuencias de mantenimiento asignadas por el fabricante de los equipos, que son mucho mayores que las realizadas actualmente, principalmente en los lapsos de reengrase de los rodamientos, que actualmente se realiza una vez por semana.

Por la diferencia en los datos suministrados por el fabricante de los aireadores en comparación con los del personal técnico del parque de tecnología ambiental, se realizaron los cálculos de cantidad de gramos de grasa en cada lubricación. Se calculan la frecuencia y engrasado inicial de los rodamientos de acuerdo con la recomendación técnica de los fabricantes, como se observa en el desarrollo de este documento. Los resultados acerca de la frecuencia de lubricación de los rodamientos son aproximados a la frecuencia de lubricación propuesta por los fabricantes de los aireadores. Todos los resultados relativos a los cálculos se aplicaron en el diseño de las boletas de mantenimiento correspondientes a los aireadores.

Estas diferencias entre datos del fabricante (Tabla 6 y Tabla 7) y los del personal técnico (Tabla 1) se presenta en las bombas y motores de las estaciones de

bombeo. Se seleccionan la frecuencia de engrase y la cantidad de aceite recomendada por el fabricante para la elaboración del plan de mantenimiento. En el caso de las bombas la cantidad de aceite es la del fabricante y lo relativo al engrase de los rodamientos fue calculado en el desarrollo de este documento.

La grasas y aceites disponibles en la bodega de suministros de la empresa no corresponde a las marcas recomendadas por los fabricantes, pero sí son equivalentes según la normalización aplicada en lubricantes.

Las tareas de mantenimiento correctivo de las estaciones de bombeo y de las bombas sumergibles se presentan en las Tabla 1 y Tabla 3, respectivamente. La falla más frecuente es la obstrucción de las bombas debido a desechos sólidos mezclados en los líquidos por bombear. A estos equipos se les generaron una serie de boletas de mantenimiento que contemplan el criterio dado por el fabricante; pero estas no presentan una solución a esta falla ya que eso depende directamente del ambiente en el que operen.

Con base en el plan anual de mantenimiento generado en las Tabla 34 a la Tabla 36 se calcula la cantidad de horas semanales necesarias para ejecutar el plan de manteniendo propuesto. Esta información se muestra en la Tabla 38, que tiene como máxima cantidad de horas semanales necesarias 32,85. En esta cantidad de horas no se incluyen la elaboración de proyectos ni el mantenimiento correctivo. La empresa cuenta con dos técnicos en mantenimiento electromecánico que laboran 48 horas a la semana, como se señaló en el diagnóstico. Un técnico es para

labores de mantenimiento preventivo y programado y el segundo es necesario para los labores de mantenimiento correctivo, ejecución de proyectos y mejoras. No es necesario el aumento de personal o la disminución para poder implementar el plan de mantenimiento propuesto.

Debido al continuo mantenimiento correctivo de los equipos, como se expresa en el diagnóstico, se selecciona un equipo que ha fallado para crear un procedimiento de toma de datos, causas y análisis de fallas, el cual se ejemplifica en la Tabla 39. Actualmente la empresa no cuenta con un proceso de análisis después de ocurrida la falla; solo se realiza mantenimiento correctivo y la puesta en marcha del equipo nuevamente. Este procedimiento se debe aplicar a todos los equipos en su implementación con el fin de generar modificaciones a las boletas de mantenimiento propuestas en este documento.

La toma de datos *postmortem* permitió obtener la información necesaria para el conocimiento del equipo, sus partes y funcionamientos, la cual se utilizó en la elaboración de todas las boletas de mantenimiento de mezcladores.

10 Conclusiones

1. Al comparar las tareas actuales de mantenimiento preventivo del apartado 8.1.2 con las actividades recomendadas por el fabricante en el apartado 8.1.3.1, la diferencia está en la frecuencia de las actividades de lubricación, el cambio de retenedores y los sellos mecánicos y rodamientos. Los procesos actuales presentan una frecuencia menor que los dados por el fabricante.

Según lo mostrado en el apartado 5.6 sobre Lubricación de rodamientos, la saturación de grasas y aceites en los rodamientos produce una rápida oxidación de la grasa o aceite y daños en los retenedores y empaques.

En las rutinas de mantenimiento actuales mostradas en las páginas 47, 48, 49 y 50 se describe una mayor cantidad de actividades, con una menor frecuencia. Actividades y frecuencias las cuales no son recomendadas por el fabricante de los equipos.

Por lo tanto, si la empresa no sigue las recomendaciones técnicas sobre mantenimiento establecidas por el fabricante puede tener un aumento en el número de averías y más necesidad de mantenimiento correctivo.

- 2 El sistema actual de mantenimiento ha generado tareas de mantenimiento de forma física y un cronograma anual de actividades hasta enero del presente año; pero no se ha recopilado información sobre estas actividades o posteriores a la fecha mencionada, según lo comentado en el apartado 6.3.2.

Los datos sobre las actividades por realizar y su frecuencia, sean preventivas o correctivas, son suministradas por el personal técnico, el que ha asignado la periodicidad de las tareas de forma empírica, como se muestra en la sección 8.1.2, en la cual los intervalos no tienen tiempo exacto para su ejecución.

Estos tiempos de frecuencia y duración pueden ser ajustados con la aplicación de indicadores de mantenimiento.

En conclusión, de no seguir registrándose datos sobre intervalos de tiempo entre averías duración de actividades y tareas correctivas frecuentes, se podría impedir la modificación de rutinas y la generación de indicadores que califiquen el estado de la gestión de mantenimiento.

3. Teniendo establecido en la sección 8.2.1 los componentes de los equipos, se procede a clasificarlos con sus respectivas actividades. Las actividades se programaron de acuerdo con el periodo que corresponde a cada una y ya sea que la tarea se realice semanal, mensual, trimestral, semestral o anualmente. Además, se incluye la frecuencia, que se refiere a la cantidad de veces que se realiza cada actividad en un año, como se establece en el apartado 8.2.4.

Se desarrolló el proceso de análisis *postmortem* descrito en el punto 8.2.5, en el cual se toman datos para generar conclusiones y crear nuevos procedimientos, a fin de prever cambios en el personal técnico, entrenamiento de personal nuevo, cambios en la estructura física de la empresa y tecnología de mantenimiento. De este modo se procura evitar la obsolescencia del plan mencionado anteriormente.

Se llega a la conclusión de que el procedimiento de análisis *postfalla* llevará a la actualización del plan de mantenimiento propuesto para cada uno de los equipos, así como a la creación de procedimientos técnicos para el reemplazo de elementos eléctricos y mecánicos.

11 Recomendaciones


1. Capacitar a los jefes de mantenimiento y al personal técnico en el uso y la aplicación de lubricantes. Se puede gestionar capacitación por parte del INA sobre el tema, lo mismo que a empresas distribuidoras de lubricantes.
2. Implementar un sistema informático que permita la generación de una base de datos y un historial físico de los mantenimientos realizados. Este sistema se puede crear en un documento de Excel o con el software Project Manager. El historial físico se puede realizar por medio de impresión, aplicación de las boletas de mantenimiento y almacenamiento por ciertos periodos, en ampos.
3. Extraer los desechos sólidos de los líquidos por bombear para evitar obstrucciones en las bombas. Se puede coordinar con el Departamento de Ingeniería Civil una inspección de las tuberías que transportan materiales sólidos a las estaciones de bombeo. Ello para planificar la resolución adecuada del problema.
4. Para el caso de que el programa de mantenimiento preventivo se llegue a implementar se recomienda su actualización. Estas actualizaciones se pueden dar por medio del análisis postfalla, datos recolectados en la base de datos, indicadores de manteamiento y creación de nuevas rutinas debido a la adquisición de nuevos equipos.

12 Bibliografía

- Santiago García Garrido. (2003). Organización y gestión integral del mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Luis Carlos Cruz Huertas (2004). Diseño de un modelo de mantenimiento preventivo para una flota de transporte pesado. Universidad Internacional de las Américas. Costa Rica.
- Eimer Alfaro Murillo (2007). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo en el ingenio de Coopevictoria. Universidad Internacional de las Américas. Costa Rica.
- Mauricio Pérez Briceño (2002). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo de los tanques de almacenamiento de producto de la Refinadora Costarricense de Petróleo. Universidad Internacional de las Américas. Costa Rica.
- Lublearn. (2003). Los peligros de aplicar grasa en exceso. 7 de noviembre de 2017, de Noria.mx Sitio web: <http://noria.mx/lublearn/los-peligros-de-aplicar-grasa-en-exceso/>
- Eelena Bellver. (2016). Contaminación. 7 de noviembre de 2017, de tendencias.com Sitio web: <https://tendencias.com/eco/contaminacion-que-son-los-lixiviados/>

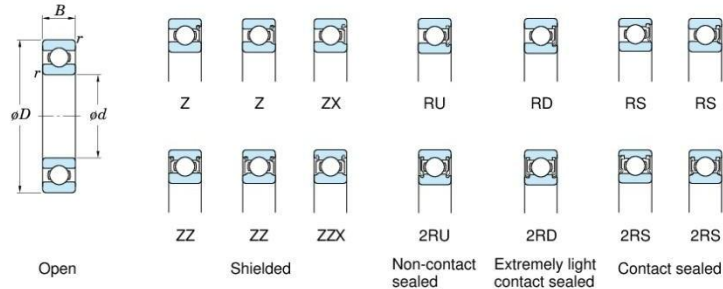
13 Anexos

13.1 Ficha técnica de rodamientos

													
d 32 – (55) mm													
<i>d</i>	Boundary dimensions (mm)						Basic load ratings (kN)		Limiting speeds (min ⁻¹)		Bearing No.	(Refer.) Dimension series to ISO355	(Refer.) Mass (kg)
	<i>D</i>	<i>T</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>r</i> _{min.}	<i>r</i> _{1 min.}	<i>C</i> _r	<i>C</i> _{0r}	Grease lub.	Oil lub.			
32	58	17	17	13	1	1	39.2	50.6	6 700	8 900	320/32JR	4CC	0.196
	65	22.25	21	18	1	1	51.6	57.7	6 200	8 200	322/32	–	0.330
	75	29.75	28	23	1.5	1.5	75.1	87.1	5 600	7 400	TR0608A	5FD	0.649
35	62	18	18	14	1	1	45.5	59.4	6 200	8 200	32007JR	4CC	0.231
	62	21	21	17	1	1	51.3	68.0	6 200	8 200	33007JR	2CE	0.263
	72	18.25	17	15	1.5	1.5	55.1	60.9	5 600	7 400	30207JR	3DB	0.344
72	24.25	23	19	1.5	1.5	1.5	69.6	82.4	5 600	7 500	32207JR	3DC	0.453
	28	28	22	1.5	1.5	1.5	87.6	107	5 700	7 500	33207JR	2DE	0.551
	80	22.75	21	15	2	1.5	63.1	69.1	4 300	6 000	30307DJR	7FB	0.536
80	22.75	21	18	2	1.5	1.5	76.2	78.9	5 200	6 900	30307JR-1	2FB	0.527
	32.75	31	25	2	1.5	1.5	96.9	123	5 200	7 000	TR0708-1R	–	0.830
	32.75	31	25	2	1.5	1.5	101	114	5 300	7 000	32307JR	2FE	0.776
40	68	19	19	14.5	1	1	53.5	71.4	5 600	7 400	32008JR	3CD	0.282
	68	22	22	18	1	1	60.4	84.6	5 500	7 400	33008JR	2BE	0.326
	75	26	26	20.5	1.5	1.5	82.2	108	5 200	6 900	33108JR	2CE	0.508
80	19.75	18	16	1.5	1.5	1.5	62.9	69.2	5 000	6 700	30208JR	3DB	0.434
	24.75	23	19	1.5	1.5	1.5	77.7	90.8	5 000	6 600	32208JR	3DC	0.554
	32	32	25	1.5	1.5	1.5	108	139	5 000	6 700	33208JR	2DE	0.758
90	25.25	23	17	2	1.5	1.5	80.5	90.2	3 800	5 300	30308DJR	7FB	0.757
	25.25	23	20	2	1.5	1.5	90.6	101	4 500	6 100	30308JR	2FB	0.757
	35.25	33	26	2	1.5	1.5	112	138	4 700	6 200	TR0809AR	–	1.10
90	35.25	33	27	2	1.5	1.5	116	139	4 600	6 200	32308JR	2FD	1.06
45	75	20	20	15.5	1	1	62.8	86.5	5 000	6 600	32009JR	3CC	0.354
	75	24	24	19	1	1	69.6	101	5 000	6 700	33009JR	2CE	0.416
	80	26	26	20.5	1.5	1.5	87.5	120	4 800	6 400	33109JR	3CE	0.563
85	20.75	19	16	1.5	1.5	1.5	67.2	77.4	4 600	6 100	30209JR	3DB	0.502
	24.75	23	19	1.5	1.5	1.5	84.2	104	4 600	6 100	32209JR-1	3DC	0.597
	32	32	25	1.5	1.5	1.5	112	149	4 600	6 200	33209JR	3DE	0.818
100	27.25	25	18	2	1.5	1.5	95.1	107	3 400	4 700	30309DJR	7FB	0.973
	27.25	25	22	2	1.5	1.5	113	128	4 100	5 400	30309JR	2FB	1.01
	38.25	36	30	2	1.5	1.5	146	180	4 100	5 500	32309JR	2FD	1.43
50	72	15	15	12	0.6	0.6	35.9	56.3	4 900	6 600	32910JR	2BC	0.195
	80	20	20	15.5	1	1	65.7	94.5	4 600	6 100	32010JR	3CC	0.389
	80	24	24	19	1	1	73.0	110	4 600	6 100	33010JR	2CE	0.451
85	26	26	20	1.5	1.5	1.5	89.4	127	4 400	5 900	33110JR	3CE	0.594
	21.75	20	17	1.5	1.5	1.5	76.5	91.7	4 300	5 700	30210JR	3DB	0.566
	24.75	23	19	1.5	1.5	1.5	85.0	105	4 300	5 700	32210JR	3DC	0.643
90	32	32	24.5	1.5	1.5	1.5	119	167	4 300	5 700	33210JR	3DE	0.887
	29.25	27	19	2.5	2	2	115	133	3 100	4 300	30310DJR	7FB	1.25
	29.25	27	23	2.5	2	2	137	152	3 700	4 900	30310JR	2FB	1.32
110	42.25	40	33	2.5	2	176	220	3 700	5 000	32310JR	2FD	1.89	
55	80	17	17	14	1	1	44.6	73.3	4 400	5 900	32911JR	2BC	0.285
	90	23	23	17.5	1.5	1.5	84.6	121	4 100	5 500	32011JR	3CC	0.569
	90	27	27	21	1.5	1.5	96.5	149	4 100	5 400	33011JR	2CE	0.672
95	30	30	23	1.5	1.5	1.5	116	161	4 000	5 300	33111JR	3CE	0.868
	22.75	21	18	2	1.5	1.5	94.6	113	3 900	5 200	30211JR	3DB	0.732
	26.75	25	21	2	1.5	1.5	107	133	3 900	5 200	32211JR-1	3DC	0.863
100	35	35	27	2	1.5	1.5	142	189	3 900	5 200	33211JR	3DE	1.18
	31.5	29	21	2.5	2	2	129	148	2 900	4 000	30311DJR	7FB	1.59

Single-row deep groove ball bearings

d 50 – (70) mm



Boundary dimensions (mm)			Basic load ratings (kN)		Limiting speeds (min ⁻¹)				Bearing No.					(Refer.) Mass Open type (kg)		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> min.	<i>C_r</i>	<i>C_{0r}</i>	Grease lub.		Oil lub.	Open	Shielded ZZ	Sealed 2RU	2RD	2RS			
							Open Z, ZZ (RU, 2RU)	(RD, 2RD)	(RS, 2RS)	{ Open Z }						
50	65	7	0.3	6.60	6.10	9 600	-	-	11 000	6810	ZZ	2RU	-	-	0.052	
	72	12	0.6	14.5	11.7	9 000	-	-	11 000	6910	ZZ	2RU	-	-	0.133	
	80	10	0.6	16.0	13.3	8 200	-	-	9 700	16010	-	-	-	-	0.180	
	80	16	1	21.8	16.6	8 400	-	4 800	9 900	6010	ZZ	2RU	-	2RS	0.261	
	90	20	1.1	35.1	23.3	7 100	6 400	4 600	8 500	6210	ZZ	2RU	2RD	2RS	0.463	
	110	27	2	62.0	38.3	6 100	5 500	4 100	7 300	6310	ZZ	2RU	2RD	2RS	1.07	
	130	31	2.1	83.0	49.5	5 500	-	-	6 600	6410	-	-	-	-	1.88	
	55	72	9	0.3	8.80	8.10	8 700	-	-	10 000	6811	ZZ	2RU	-	-	0.083
		80	13	1	16.6	14.1	8 100	-	-	9 600	6911	ZZ	2RU	-	-	0.185
		90	11	0.6	19.3	16.3	7 400	-	-	8 800	16011	-	-	-	-	0.260
		90	18	1.1	28.3	21.2	7 600	-	4 300	8 900	6011	ZZ	2RU	-	2RS	0.385
		100	21	1.5	43.4	29.4	6 300	-	4 100	7 600	6211	ZZ	2RU	-	2RS	0.607
120		29	2	71.6	45.0	5 600	-	3 700	6 700	6311	ZZ	2RU	-	2RS	1.37	
140	33	2.1	100	62.3	5 000	-	-	6 000	6411	-	-	-	-	2.29		
60	78	10	0.3	11.5	10.6	8 000	-	-	9 400	6812	ZZ	2RU	-	-	0.104	
	85	13	1	20.2	17.3	7 500	-	-	8 900	6912	ZZ	2RU	-	-	0.192	
	95	11	0.6	19.8	17.6	6 900	-	-	8 100	16012	-	-	-	-	0.280	
	95	18	1.1	29.4	23.2	7 100	-	4 000	8 400	6012	ZZ	2RU	-	2RS	0.415	
	110	22	1.5	52.4	36.2	5 700	-	3 700	6 900	6212	ZZ	2RU	-	2RS	0.783	
	130	31	2.1	81.9	52.2	5 200	-	3 500	6 200	6312	ZZ	2RU	-	2RS	1.70	
150	35	2.1	110	70.8	4 600	-	-	5 500	6412	-	-	-	-	2.77		
65	85	10	0.6	11.9	11.5	7 300	-	-	8 600	6813	ZZ	2RU	-	-	0.126	
	90	13	1	17.4	16.1	7 100	-	-	8 400	6913	ZZ	2RU	-	-	0.211	
	100	11	0.6	17.1	16.0	6 600	-	-	7 800	16013	-	-	-	-	0.300	
	100	18	1.1	30.5	25.2	6 600	-	3 700	7 800	6013	ZZ	2RU	-	2RS	0.435	
	120	23	1.5	57.2	40.1	5 400	-	3 500	6 400	6213	ZZ	2RU	-	2RS	0.990	
	140	33	2.1	92.7	59.9	4 800	-	3 200	5 800	6313	ZZ	2RU	-	2RS	2.08	
160	37	2.1	118	79.2	4 300	-	-	5 200	6413	-	-	-	-	3.30		
70	90	10	0.6	12.1	11.9	6 800	-	-	8 100	6814	ZZ	2RU	-	-	0.134	
	100	16	1	23.7	21.2	6 400	-	-	7 600	6914	ZZ	2RU	-	-	0.342	
	110	13	0.6	30.1	25.6	6 100	-	-	7 200	16014	-	-	-	-	0.433	
	110	20	1.1	38.1	30.9	6 100	-	3 500	7 200	6014	ZZ	2RU	-	2RS	0.602	

Remark) Standard cage types used for the above bearings are described earlier in this section.

13.2 Ficha técnica aireador

TORNADO® Surface Aspirating Aerator

Proven Year-Round Aeration Performance

The next generation TORNADO Surface Aspirating Aerator delivers dependable and economical performance in any season. Featuring a high-efficiency design, the TORNADO Aerator horizontally mixes all or part of a basin. Its large-diameter, stationary draft tube with unrestricted air intake, helps convert the least amount of energy into the maximum amount of aeration and mixing, giving you:

- High oxygen transfer efficiency
- High basin mixing efficiency

Aeration action takes place just below the surface. No spraying. No splashing. So it reduces odors and prevents ice build-up, while the unique self-heating design keeps the system working all winter long. And, because it is a totally self-contained unit requiring no additional blowers, pumps or mounting platforms, you save capital, installation and operating costs.

Typical TORNADO Aerator Installation.



TORNADO Aerator displayed mounted on floats.

Engineered For Flexibility

Ideal for wastewater treatment and supplemental aeration, the TORNADO Aerator provides complete basin design flexibility. Angle adjustment locking bolts allow optimization of horizontal mixing velocities and bubble hang time. Fully adjustable mounting on floats or brackets allows aeration of any depth or shape basin. It is also simple to direct aeration and mixing toward a deficient area. Models available from 2 to 100 horsepower (1.5 - 75.0 Kw). High-efficiency or premium efficiency standard C-face motors increase the system's design versatility. AEROMIX can recommend configurations best suited for your application.



Extensive Applications.

TORNADO Surface Aspirating Aerators improve aeration and mixing in a wide range of applications, including:

- Wastewater Treatment
- Cold Weather Operation
- Ice Control
- Supplemental Aeration
- VOC Removal
- Odor and Algae Control
- Leachate Treatment

Maximum Dependability, Minimal Maintenance

Proprietary engineering and meticulous construction specifications ensure that the aerator runs right from the beginning and keeps running without time-consuming maintenance. Large models include vibration dampeners to prevent vortexing and fatigue failure. The dampeners also minimize the need for vortex shields, a common requirement for other aeration devices. The non-fouling sub-surface propeller will not foul even in heavy solids. Tapered roller bearings securely support the aerator shaft preventing vibration and absorbing all propeller thrust loads. This helps extend motor bearing life. Slow speed operation (1,725 RPM at 60 hertz or 1,450 RPM at 50 hertz) further extends aerator life and increases

mixing efficiency. You'll find other long-lasting performance features, such as:

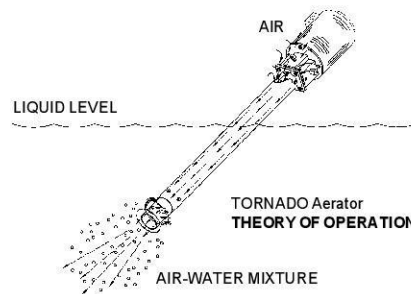
- Corrosion- and UV-resistant stainless steel construction throughout.
- Solid shaft vibration free design.
- Patented sealed tapered roller bearings.
- Low-maintenance patented replaceable modular seals.
- Simplified motor change out and motor/shaft coupling.

In addition, factory testing for each TORNADO Surface Aspirating Aerator checks and rechecks that the equipment meets the AEROMIX stringent standards for quality.

Industrial Applications.

The AEROMIX team of experienced engineers developed the high-efficiency TORNADO Aerator as an economical and effective solution for many different types of industries, including:

- Chemical Processing
- Wine And Beverage Manufacturers
- Textile Industries
- Pulp And Paper Mills
- Municipal Waste-water Treatment
- Dairies



Designed For Optimal Bubble Hang-Time

The TORNADO Aerator mounts at an angle in the water with the motor and air intake above the surface directing air to the propeller below. The motor rotates, turning the solid shaft which spins the propeller. Water moves at a high velocity through and near the propeller blades, creating a low pressure zone at the hub. The low pressure draws air in through the stationary intake and down the large-diameter draft tube. The air exits into the water at the propeller hub. Turbulence and flow created by the propeller break up the air bubbles to mix the basin and disperse oxygen. Horizontal water movement generated by the TORNADO Aerator maximizes oxygen transfer in three ways: by pulling un-oxygenated water in while pushing oxygenated water away; by minimizing the coalescence of bubbles in the plume; and by increasing the air aspiration rate.

Ask About The Full Aeration Line

AEROMIX manufactures a complete line of specialized aeration and mixing equipment for treating water and wastewater in industrial, municipal and freshwater markets. Call today to learn more about the AEROMIX aeration solutions best for your application.

Made in the U.S.A. by



AEROMIX Systems, Inc.
7135 Madison Ave. West
Minneapolis, MN 55427 U.S.A.

Ph: 800/879-3677, 763/746-8400
Fax: 763/746-8408
e-mail: aeromix@aeromix.com
web site: www.aeromix.com

Rental units available.

Covered by United States Patent Nos. 4,741,870 - 5,160,667 - 5,183,596.

© 2002, AEROMIX Systems, Inc.

13.3 Ficha técnica bombas sumergibles.



PRODUCT NOMENCLATURE

Example : 80 AL 2 1.5 F
Discharge Type Pole kW Float
mm

FEATURES

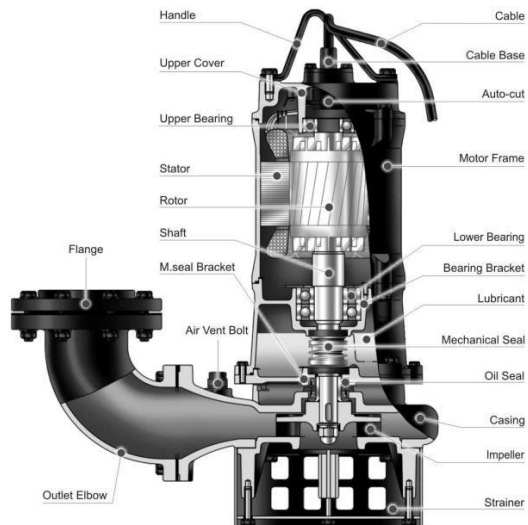
- ▶ Equipped with Auto-cut, silicon carbide double mechanical seal, epoxy cable base treatment.
- ▶ Entire cast iron structure and compact design.
- ▶ Available with guide rail system.
- ▶ High head and efficiency for wide range design.

APPLICATIONS

- ▶ Waste water drainage for all industries.
- ▶ Pumping surface water, drainage water and flood water.
- ▶ Extraction of water from river and lake

■PRESSURE - REDUCING DESIGN

100AL25.5 & 100AL27.5 pump's impeller were designed in high head. Pressure reducing design will release the high pressure in volute casing when operating.



AL SERIES WASTEWATER/EFFLUENT SUBMERSIBLE PUMPS 50AL21.5 • 50AL22.2 • 80AL21.5 • 80AL22.2 • 80AL23.7

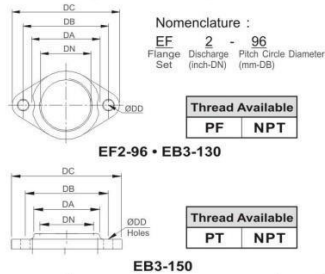
SPECIFICATIONS

Item	Description	
Limits Of Use	Liquid Temp.	0-40°C (32-104°F)
	Applications	Wastewater • Sewage And Drainage Waster
	Submersion Depth	100feet (30m)
Type	Frequency	60Hz
	Motor	2P • Dry Motor
	Insulation	Class B (5HP : Class F)
	Protection	IP68
	Protector	Auto-cut
	Bearing	Ball Type
	M.seal	Double M.seals
	Impeller	Semi-open
Material	Upper Cover	FC-200
	Motor Frame	FC-200
	Main Shaft	SUS403
	M.seal	Upper : Carbon/Ceramic • Lower : Silicon/Silicon
	Casing	FC-200
Optional	Impeller	FC-200
	Cable	VCT or H07RN-F or SJOW/SOW
		Float Switch (5HP : none)

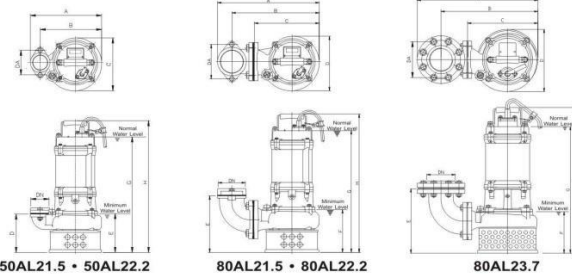


Model	Power HP (kW)	Discharge inch (mm)	Standard		MAX		Solid Passage mm (inch)	Weight (W/O Cable)		Phase Voltage	Full Load Ampere						
			m - m ³ /min	ft - GPM	m - m ³ /min	ft - GPM		1Ø - kg (lb)	3Ø - kg (lb)		220V	230V	3Ø	3Ø	440V	460V	575V
50AL21.5	2 (1.5)	2" (50)	12 - 0.4	40 - 106	20.5 - 0.65	65 - 172	20 (¾")	36 (79)	32 (71)	Full Load Ampere	10.0	6.0	6.0	3.4	3.0	3.0	2.4
50AL22.2	3 (2.2)	2" (50)	18 - 0.4	60 - 106	25.5 - 0.75	85 - 198	20 (¾")	38 (84)	35 (77)		14.4	8.6	8.4	4.8	4.3	4.2	3.4
80AL21.5	2 (1.5)	3" (80)	8 - 0.6	25 - 158	15 - 1.05	50 - 278	20 (¾")	42 (93)	37 (82)		10.0	6.0	6.0	3.4	3.0	3.0	2.4
80AL22.2	3 (2.2)	3" (80)	12 - 0.6	40 - 158	20 - 1.15	65 - 304	20 (¾")	44 (97)	40 (88)		14.4	8.6	8.4	4.8	4.3	4.2	3.4
80AL23.7	5 (3.7)	3" (80)	24 - 0.5	78 - 132	32.5 - 1.15	108 - 305	14 (½")		57 (126)		13.8	13.6	7.8	6.9	6.8	5.4	

ELBOW (FLANGE) SET



DIMENSIONS



Elbow (Flange) Set	Application Model	Dimensions - inch					Holes
		DN	DA	DB	DC	DD	
EF2-96	50AL21.5	2	3	3¾	4¾	½	2
EF2-96	50AL22.2	2	3	3¾	4¾	½	2
EB3-130	80AL21.5	3	4¼	5	6	½	2
EB3-130	80AL22.2	3	4¼	5	6	½	2
EB3-150	80AL23.7	3	4¼	6	7¼	½	8

Model	Dimensions - inch											
	DN	DA	A	B	C	D	E	F	G		H	
50AL21.5	2	3¾	11	9½	8	6	6	6	19¼	17¾	22¼	20¼
50AL22.2	2	3¾	11	9½	8	6	6	6	21	17¾	23½	20¼
80AL21.5	3	5	15¼	13	9¾	8¾	8¾	6¼	20¼	18¼	22¾	20¾
80AL22.2	3	5	15¼	13	9¾	8¾	8¾	6¼	21½	18¼	24	20¾
80AL23.7	3	3	18½	14¾	13¾	9½	9¾	6½		19¼		22¼

Elbow (Flange) Set	Application Model	Dimensions - mm					Holes
		DN	DA	DB	DC	DD	
EF2-96	50AL21.5	50	77	96	121	12	2
EF2-96	50AL22.2	50	77	96	121	12	2
EB3-130	80AL21.5	80	109	130	155	12	2
EB3-130	80AL22.2	80	109	130	155	12	2
EB3-150	80AL23.7	80	110	150	185	15	8

Model	Dimensions - mm											
	DN	DA	A	B	C	D	E	F	G		H	
50AL21.5	50	96	279	241	206	150	150		502	451	565	514
50AL22.2	50	96	279	241	206	150	150		535	451	598	514
80AL21.5	80	130	385	333	247	207	214	160	512	461	575	524
80AL22.2	80	130	385	333	247	207	214	160	545	461	608	524
80AL23.7	80	80	468	376	352	242	250	162		492		565

13.4 Ficha técnica bombas de estaciones de bombeo.

Specification Data	Sec. 55	PAGE 3000 JUNE 2009
---------------------------	----------------	------------------------

CDS


Vertically Staged

Self Priming Centrifugal Pumps


Ultra V Series® Basic Pump w/ UltraMate® Second Stage

Model VS3A60-B

Size 4" x 3"



VARIOUS PATENTS APPLY



PUMP SPECIFICATIONS

Size: 4" x 3" (102 mm x 76 mm).**

Casings: Gray Iron 30.

Maximum Operating Pressure 249 psi (1717 kPa).*

Semi-Open Type, Two Vane Impellers: Ductile Iron 65-45-12.
Handles 2-1/2" (63.5 mm) Diameter Spherical Solids.

Impeller Shafts: Alloy Steel 4150.

Self-Cleaning Replaceable Wear Plates: Carbon Steel 1015.

Shimless Adjustable Cover Plates: Gray Iron 30.

Suction Flange: Gray Iron 30.

Bearing Housings: Gray Iron 30.

Seal Plates: Gray Iron 30.

Shaft Sleeves: Alloy Steel 4130.

Radial Bearings: Open Single Row Ball.

Thrust Bearings: Open Double Row Ball.

Bearing and Seal Cavity Lubrication: SAE 30 Non-Detergent Oil.

Gaskets: Buna-N, Compressed Synthetic Fibers, Vegetable Fiber, PTFE, Cork, and Rubber.

O-Rings: Buna-N.

Transition Chamber: Ductile Iron 65-45-12.

Hardware: Standard Plated Steel.

Brass Pressure Relief Valves.


Bearing and Seal Cavity Oil Level Sight Gauges.

Optional Equipment: Automatic Air Release Valve, High Pump Temperature Shutdown Kit, Stainless Steel/G-R Hard Iron Impellers, Wear Plates and Seal Plates, 120/240 Volt Casing Heater.


** Optional Gray Iron 30 Flange Kits Available as Follows (See Price Sheets):

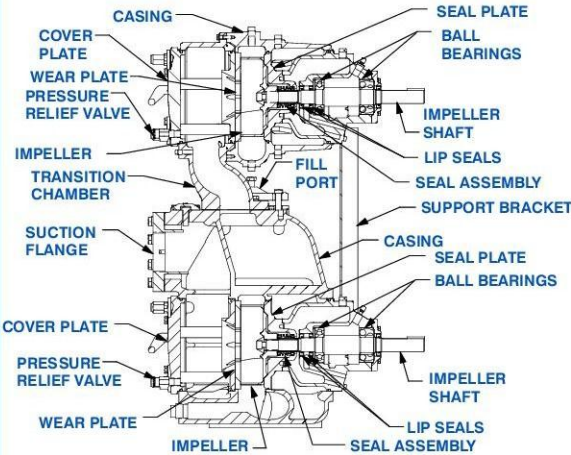
- 3" 125# Female NPT Discharge Flange Kit.
- 4" and 3" ASA Suction/Discharge Spool Flange Kits.
- 100 mm and 80 mm DIN 2527 (PN 16) Suction/Discharge Spool Flange Kits.

UltraMate® Second Stage



Ultra V Basic Pump






SEAL DETAIL

Cartridge Type, Mechanical, Oil-Lubricated, Double Floating, Self-Aligning, Silicon Carbide Rotating and Stationary Faces, Stainless Steel 316 Stationary Seat, Fluorocarbon Elastomers (DuPont Viton® or Equivalent), Stainless Steel 18-8 Cage and Spring. Maximum Temperature of Liquid Pumped, 160°F (71°C).*

* Consult Factory for Applications Exceeding Maximum Pressure and/or Temperature Indicated.



THE GORMAN-RUPP COMPANY • MANSFIELD, OHIO

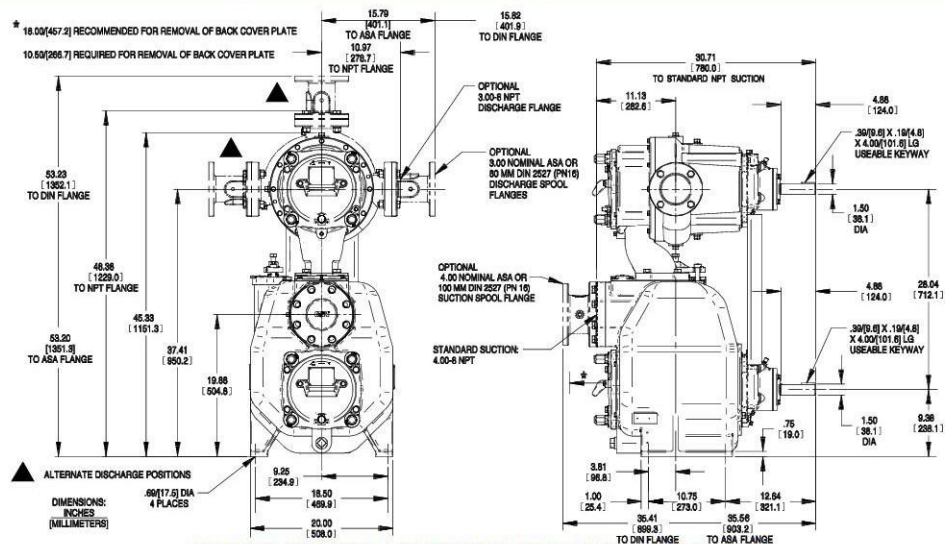
GORMAN-RUPP OF CANADA LIMITED • ST. THOMAS, ONTARIO, CANADA

www.grpumps.com

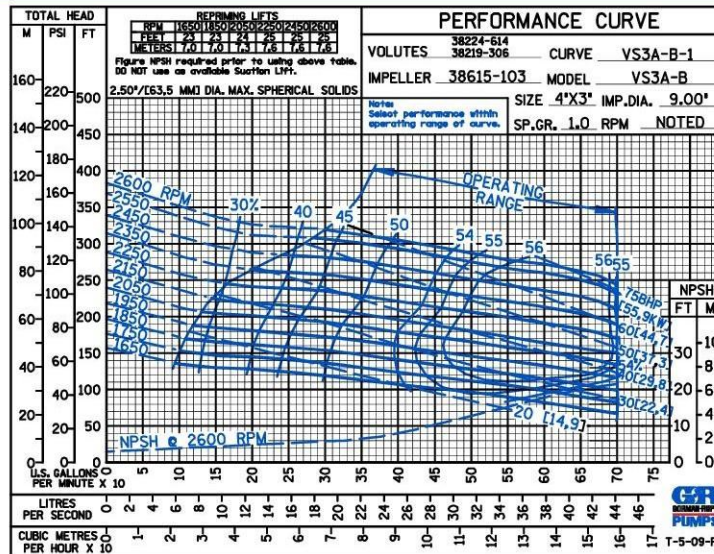
Specifications Subject to Change Without Notice

Printed in U.S.A.

Specification Data SECTION 55, PAGE 3000	APPROXIMATE DIMENSIONS and WEIGHTS	NET WEIGHT: 1010 LBS. (458 KG.)* SHIPPING WEIGHT: 1085 LBS. (492 KG.)* EXPORT CRATE: 42.9 CU. FT. (1.2 CU. M.) *WEIGHTS DO NOT INCLUDE OPTIONAL FLANGE KITS.



OPTIONAL SUCTION & DISCHARGE FLANGES SHOWN IN PHANTOM



Total Combined H.P. Shown



THE GORMAN-RUPP COMPANY • MANSFIELD, OHIO

GORMAN-RUPP OF CANADA LIMITED • ST. THOMAS, ONTARIO, CANADA

Specifications Subject to Change Without Notice

Printed in U.S.A.

13.5 Ensamble y partes de la bomba VS3A60-B

OM-06012

ULTRA V SERIES

SECTION DRAWING

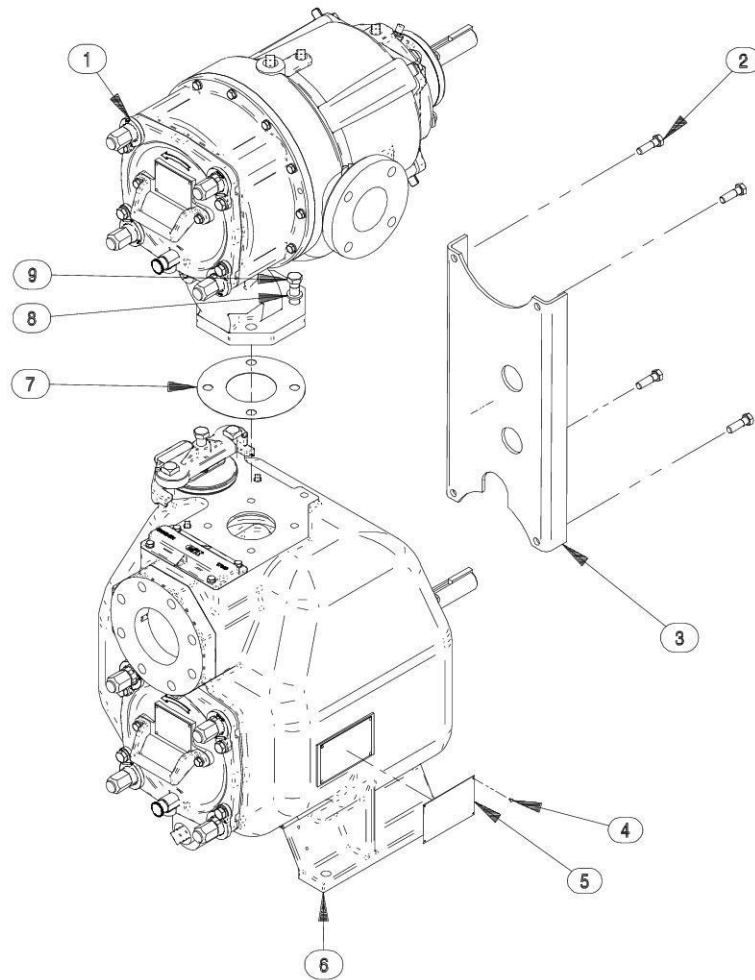


Figure 1. Pump Model VS3A60-B (Including /WW)

SECTION DRAWING

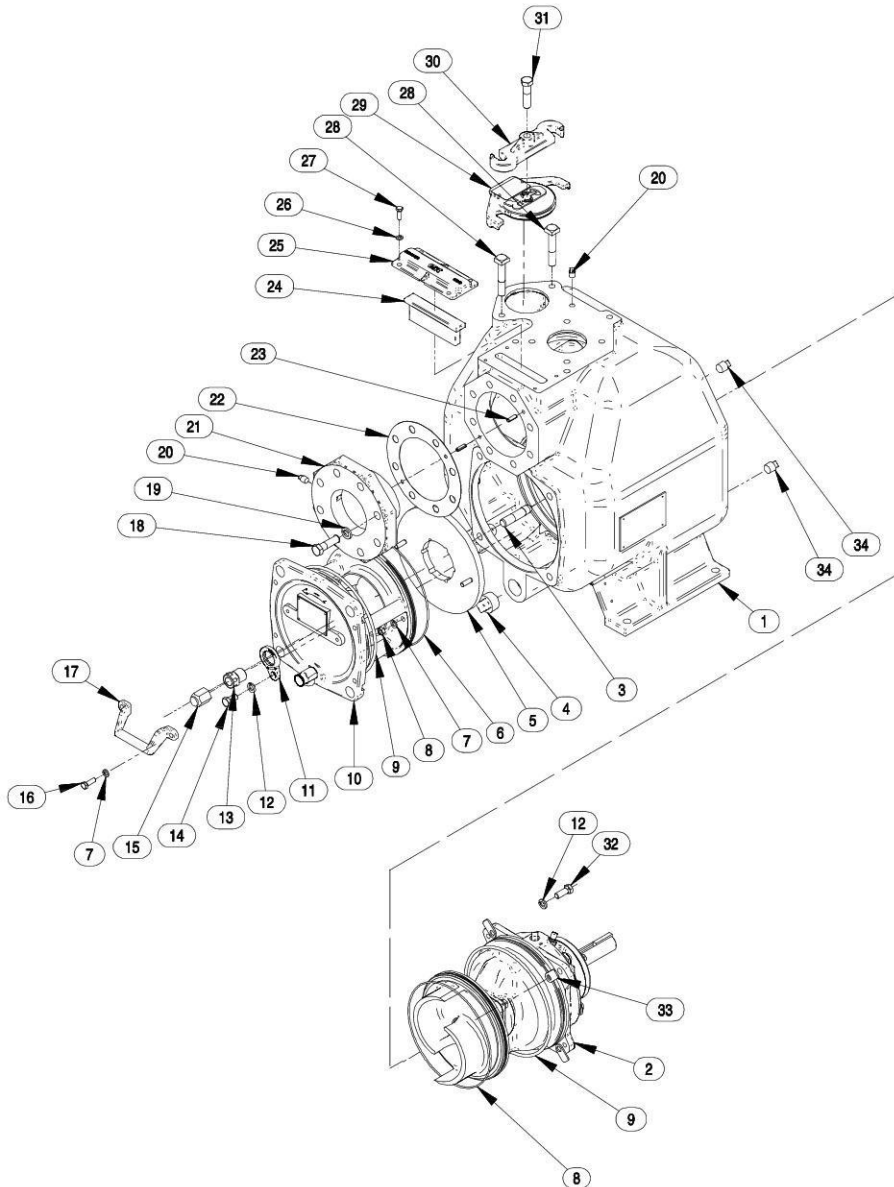


Figure 2. Pump Assemblies 46146-037 and 46146-038

SECTION DRAWING

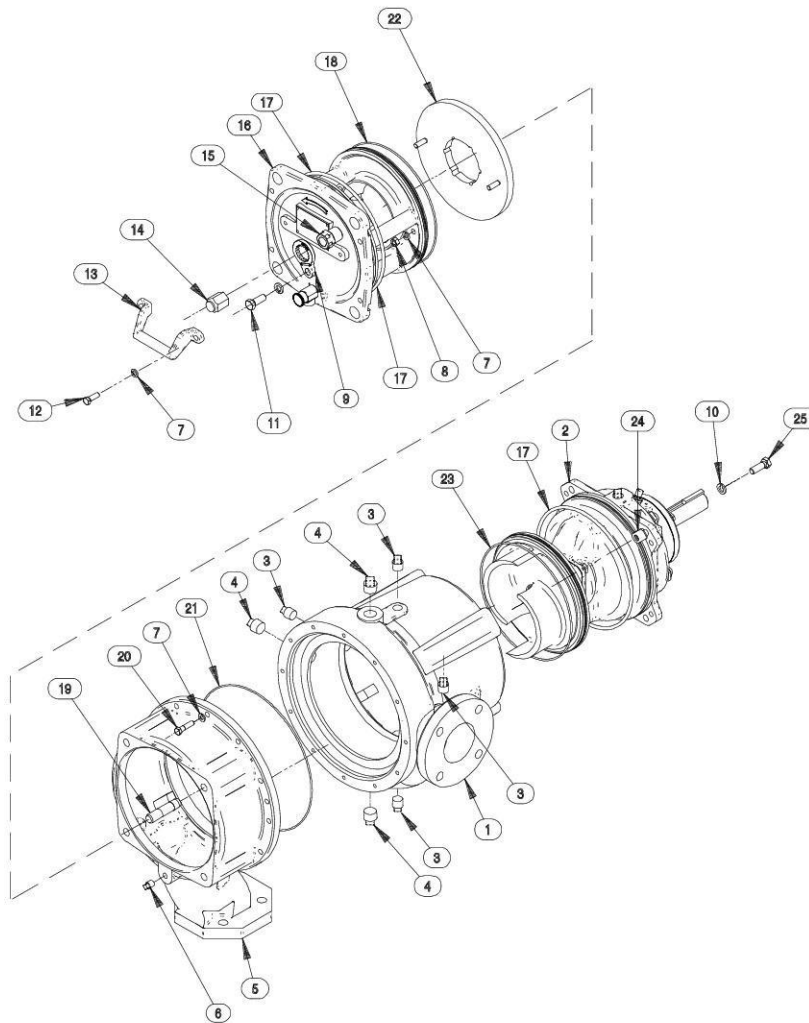


Figure 3. 46146-010 Ultra Mate Pump Assembly

SECTION DRAWING

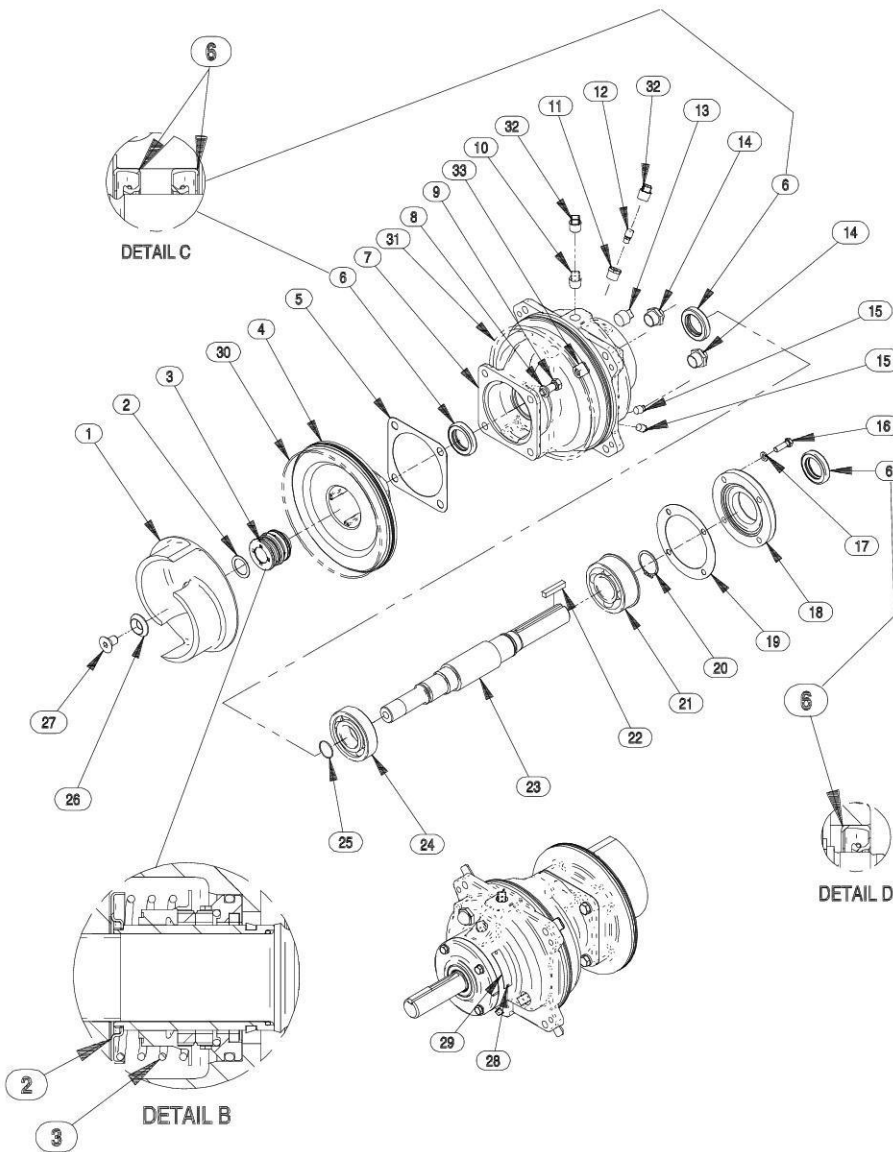
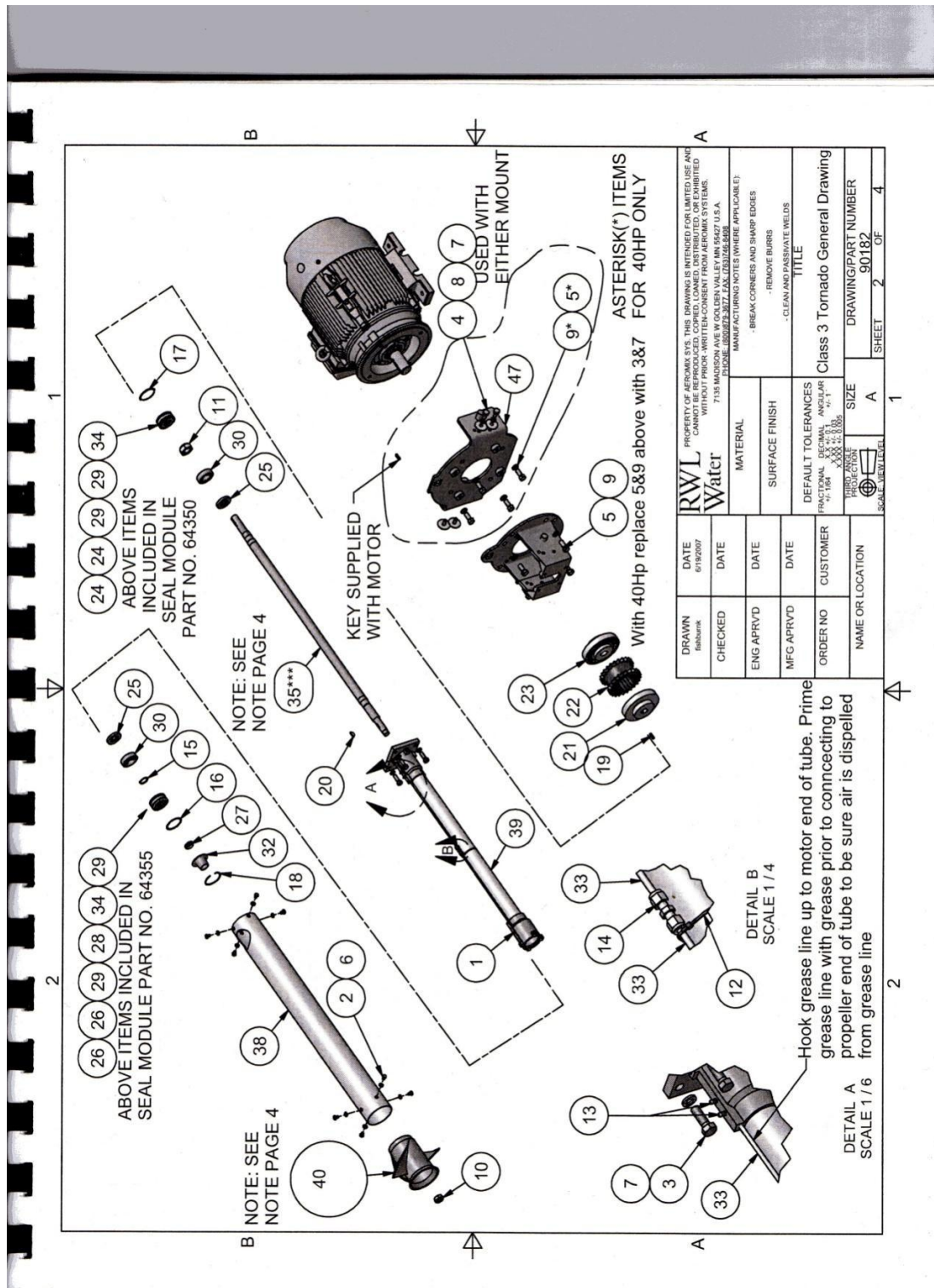
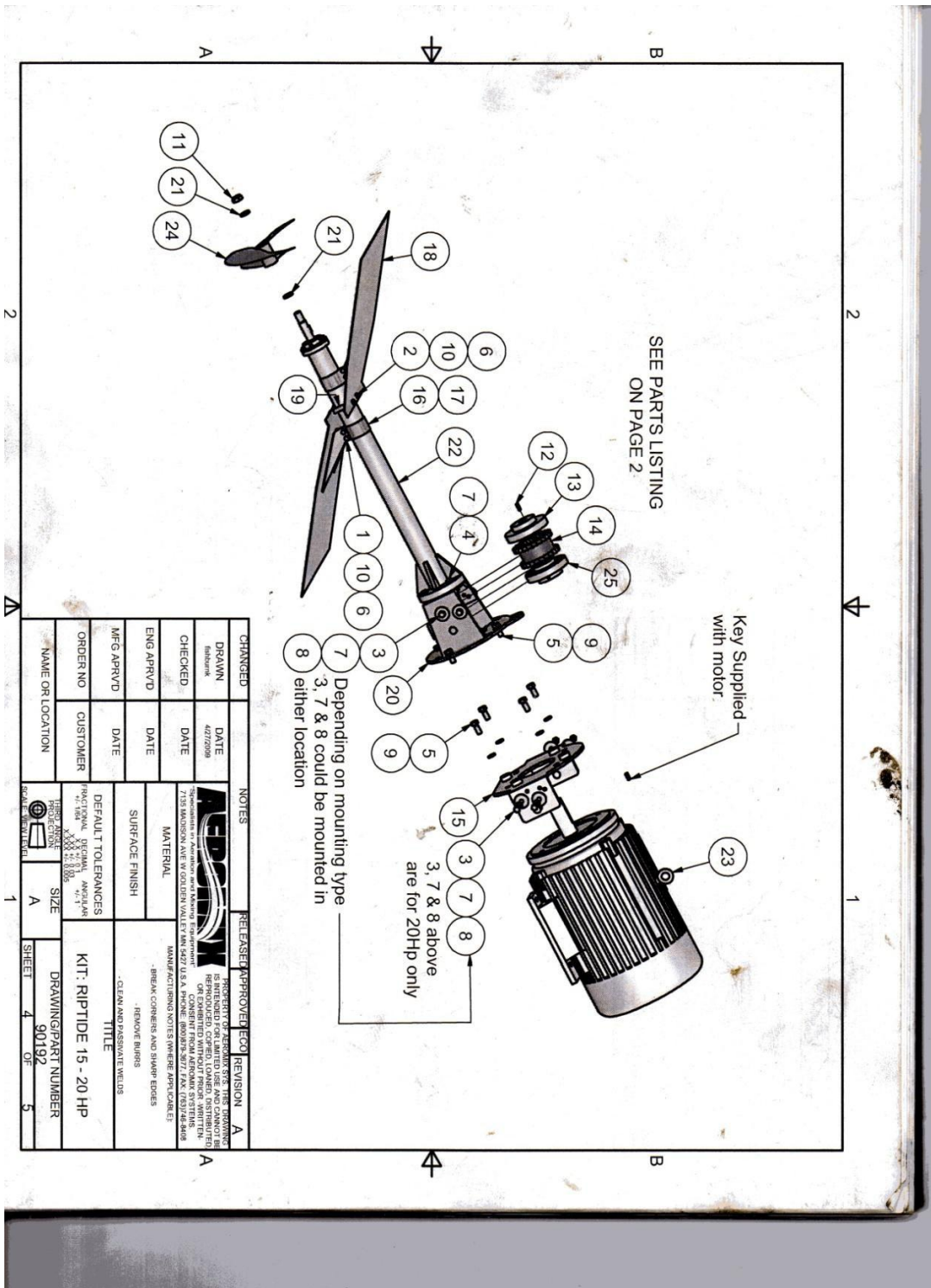


Figure 4. Repair Rotating Assemblies

13.6 Ensamble y partes de aireadores



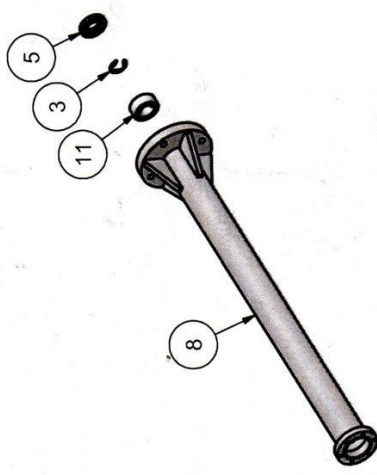
13.7 Ensamble y partes de mezcladores



CHANGED	DATE	NOTES	RELEASED/ APPROVED/ ECD	REVISION
DRAWN	4/27/2008	 7133 MADISON AVE. W. GOLDEN VALLEY, MN 55427 U.S.A. PHONE: (651) 837-7242 FAX: (651) 837-8448	PROPERTY OF EDWARDS THIS DRAWING IS NOT TO BE REPRODUCED OR COPIED IN ANY MANNER WITHOUT WRITTEN PERMISSION OF EDWARDS.	A
CHECKED	DATE			OR CONTACTED WITH OUR SALES REPRESENTATIVE
ENG. APPROVD	DATE	MATERIAL	MANUFACTURING NOTES (WHERE APPLICABLE):	
MFG. APPROVD	DATE	SURFACE FINISH	- BREAK CORNERS AND SHARP EDGES	
ORDER NO.	CUSTOMER	DEFAULT TOLERANCES	- REMOVE BURRS	
NAME OR LOCATION		FRACTIONAL DECIMAL ANGULAR	- CLEAN AND PASSIVATE WELDS	
		1/16 1/32 1/64 .001 .005 .010 .015 .030 .060 .125 .250 .500 .750 1.000		
		SIZE	TITLE	
		A	KIT - RIPTIDE 15 - 20 HP	
		SHEET 4 OF 5	DRAWING/PART NUMBER	
			90192	

PARTS LIST			
ITEM QTY	PART NO	DESCRIPTION	MASS [LBS]
1 6	00134	1/4 - 20 UNC - 3/4 Cap Screw	0.017 lbmass
2 6	02050	1/4 LOCK WASHER	0.002 lbmass
3 2	05529	Retaining Ring, External 1.187"	0.016 lbmass
4 1	07070	McMASTER 98407A158	
5 1	10253	KEY WOODRUFF ALLOY #808	0.023 lbmass
6 1	10607	RIPTIDE SEAL TMC 30X62X10TC	0.025 lbmass
7 1	68970	O-Ring Seal .09" x 2.63" x 2.8" Viton	0.002 lbmass
8 1	68978	ASSY: RIPTIDE SHAFT 1-20HP	18.426 lbmass
9 1	68979	Ass'y: Bearing Support Tube for Riptide 1-20hp	45.716 lbmass
10 1	68980	Ass'y: Mechanical Seal Cap for Riptide 1-20hp	1.649 lbmass
11 2	68981	Riptide 30 mm Ceramic mechanical seal, PS-136	0.164 lbmass
		BEARING 5206 LL	0.038 kg

PART NO. 68991
RIPTIDE LOWER END



CHANGED	DATE	RELEASED/APPROVED/ECO	REVISION
DRAWN fblumk	4/27/2009	PROPERTY OF AEROMATICS, THE DRAWING IS INTENDED FOR LIMITED USE AND CANNOT BE REPRODUCED OR EXHIBITED WITHOUT PRIOR WRITTEN CONSENT FROM AEROMATICS. AEROMATICS, 123 HANCOCK STATE COLLEGE BLVD, WILMINGTON, MA 01890, FAX: (781) 366-5408	
CHECKED	DATE	MATERIAL	MANUFACTURING NOTES (WHERE APPLICABLE)
ENG APRVD	DATE	SURFACE FINISH	- BREAK CORNERS AND SHARP EDGES - REMOVE BURRS - CLEAN AND PASSIVATE WELDS
MFG APRVD	DATE	DEFAULT TOLERANCES	TITLE
ORDER NO	CUSTOMER	FRACTIONAL DECIMAL ANGULAR +/- .164 X.XX X.XX X.XX +/- .1	Kit: Riptide 15-20 HP
NAME OR LOCATION	SIZE	THICKNESS PROJECTION X.XX X.XX X.XX X.XX	DRAWING/PART NUMBER
	A	SCALE: VIEW LEVEL	90192
	1		SHEET 5 OF 5